


MÉTODO DOS ELEMENTOS DE CONTORNO  
PARA ELASTICIDADE TRIDIMENSIONAL


Claudio Luiz Curotto

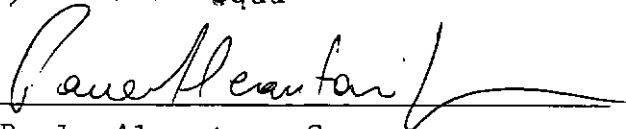
TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS  
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVER  
SIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS RE  
QUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE  
MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.)

Aprovada por:

  
Nelson Francisco Favilla Ebecken  
(Presidente)

  
Edison Castro Prates de Lima

  
Luiz Bevilacqua

  
Paulo Alcantara Gomes

CUROTTO, CLAUDIO LUIZ

Método dos Elementos de Contorno para Elasticidade Tridimensional 'Rio de Janeiro' 1981.

XIV, 366 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc, Engenharia Civil, 1981)

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Faculdade de Engenharia

1. Métodos Computacionais em Engenharia Civil I, COPPE/UFRJ II. Título (série).

para minha esposa Adevanilde

## AGRADECIMENTOS

Aos professores da COPPE/UFRJ - Programa de Engenharia Civil pelos conhecimentos transmitidos no decorrer do curso. Especialmente ao professor Agustin Juan Ferrante.

Ao professor Andrés Ludovico Halbritter pela orientação na parte inicial do desenvolvimento da tese.

Ao professor Nelson Francisco Favilla Ebecken pela orientação na fase de conclusão da tese.

Ao CNPQ e a CNEN pelo auxílio financeiro.

## RESUMO

Partindo-se do teorema de reciprocidade de Betti obtem-se a equação integral de contorno. São considerados na formulação os efeitos de forças de volume e temperatura.

Discretiza-se a equação integral através de elementos isoparamétricos triangulares planos de variação linear. As integrais sobre os elementos são calculadas de uma forma mista: analítica e numérica.

Aplicando-se a equação integral discretizada nos pontos nodais do contorno, chega-se a um sistema de equações lineares cujas incógnitas são deslocamentos e/ou forças de superfície, no contorno. Resolve-se o sistema de equações pelo método de triangularização de Gauss.

Valores do interior podem ser obtidos para pontos escolhidos a partir da Identidade de Somigliana. Tensões no contorno são obtidas a partir das deformações e forças de superfície no contorno, aplicando-se a lei de Hooke.

Algumas aplicações são estudadas para verificação da eficácia do método. Também são feitas comparações com resultados obtidos pelo Método dos Elementos Finitos.

## ABSTRACT

The boundary integral equation is obtained from the Betti's theorem of reciprocity. Body forces and thermal effects are considered in the formulation.

Isoparametric elements of plane triangular shape with linear variation for the functions, define the boundary. The integrals over the elements are calculated by an analytical and numerical process.

By the application of the discrete boundary integral equation on the boundary nodes, a linear system of equations is assembled. The unknowns are the displacements and/or the tractions, on the boundary. The system of equations is solved by the Gauss triangularization method.

Interior values for chosen nodes can be calculated from the Somigliana's Identity. The boundary stress tensors are obtained by the application of the Hooke's law, using the boundary strains and tractions.

Some examples are presented to examine the efficiency of the method and the results are compared with the Finite Element Method Solution.

## ÍNDICE

I	- INTRODUÇÃO	1
II	- DESENVOLVIMENTO TEÓRICO	5
II.1	- Elasticidade Linear Isotrópica Tridimensional	5
II.1.1	- Equações de Equilíbrio	5
II.1.2	- Condições de Contorno	5
II.1.3	- Equações Constitutivas	6
II.1.4	- Relação Deformação-deslocamentos	6
II.2	- Formulação da Equação Integral de Contorno	6
II.2.1	- Obtenção da Equação Integral	6
II.2.2	- Transformação da Integral de Volume das Forças de Volume em uma Integral de Superfície	11
II.2.3	- Consideração do Efeito de Temperatura	15
II.3	- Cálculo das Incógnitas no Interior	17
II.3.1	- Cálculo dos Deslocamentos	17
II.3.2	- Cálculo das Tensões	17
II.4	- Cálculo das Tensões no Contorno	18
II.5	- Cálculo das Tensões Principais	20
III	- DESENVOLVIMENTO NUMÉRICO	21
III.1	- Discretização do Contorno	21
III.2	- Equação Integral de Contorno Discretizada	21
III.3	- Sistema de Equações Lineares	22
III.4	- Cálculo das Incógnitas no Interior	24
III.4.1	- Cálculo dos Deslocamentos	25
III.4.2	- Cálculo das Tensões	25

III.5	- Elemento Isoparamétrico Triangular Plano de Variação Linear	26
III.5.1	- Definição do Elemento	26
III.5.2	- Cálculo das Integrais sobre os Elementos	28
III.5.2.1	- Integração Numérica	30
III.5.2.2	- Integração Analítica	31
III.5.3	- Cálculo das Tensões no Contorno	34
IV	- DESENVOLVIMENTO COMPUTACIONAL	36
IV.1	- Programa Principal	36
IV.2	- Rotinas de Entrada de Dados	36
IV.3	- Rotinas de Análise	37
IV.4	- Rotinas de Impressão	38
IV.5	- Rotinas Auxiliares	39
V	- RESULTADOS E COMPARAÇÕES	41
V.1	- Cubo Unitário	41
V.1.1	- Escolha do Esquema de Integração	41
V.1.2	- Comparações dos Resultados Obtidos pelas Diferentes Malhas	44
V.1.3	- Comportamento de Pontos do Interior	48
V.2	- Cilindro Ôco de Paredes Espessas	51
V.2.1	- Resultados Analíticos	51
V.2.1.1	- Pressão Interna Uniforme Radial	51
V.2.1.2	- Gradiente de Temperatura	54
V.2.2	- Dados Numéricos	55
V.2.2.1	- Dados Geométricos	55
V.2.2.2	- Constantes Físicas	55
V.2.2.3	- Dados de Carga	56
V.2.3	- Teste de Convergência	56



V.2.4	- Resultados Numéricos para o Gradiente de Temperatura	69
V.2.5	- Comparação com o Método dos Elementos Finitos	75
VI	- CONCLUSÕES	81
	BIBLIOGRAFIA	83
	APÊNDICE A	
	- Formulário	89
A.1	- Tensores da Solução Fundamental de Kelvin e Vetores Oriundos da Transformação da Integral de Volume	89
A.2	- Diferenciais de $r$	90
A.3	- Diferenciais dos Tensores e Vetores	92
A.4	- Tensores Utilizados no Cálculo das Tensões do Interior	97
A.5	- Constantes	101
	APÊNDICE B	
	- Elemento Isoparamétrico Triangular Plano de Variação Linear	103
B.1	- Sistemas de Coordenadas	103
B.1.1	- Sistema de Coordenadas Triangulares	103
B.1.1.1	- Transformação do Sistema de Coordenadas Triangulares para o Sistema de Coordenadas Cartesianas	104
B.1.1.2	- Transformação do Sistema de Coordenadas Cartesianas para o Sistema de Coordenadas Triangulares	106
B.1.2	- Sistema Local de Coordenadas Cartesianas	108
B.1.2.1	- Matriz de Rotação do Sistema Local para o Sistema Global, de Coordenadas Cartesianas	108

B.1.2.2	- Transformação do Sistema Local para o Sistema Global, de Coordenadas Cartesianas	110
B.1.2.3	- Transformação do Sistema Global para o Sistema Local, de Coordenadas Cartesianas	110
B.1.3	- Transformação do Sistema Local de Coordenadas Cartesianas para o Sistema de Coordenadas Triangulares	111
B.1.4	- Sistema Local de Coordenadas Polares	113
B.2	- Integração Analítica	114
B.2.1	- Funções de Interpolação no Sistema Local de Coordenadas Polares	114
B.2.2	- Tensores e Vetores no Sistema Local de Coordenadas Polares	114
B.2.3	- Desenvolvimento das Integrais	116
APÊNDICE C		
	- Listagem do Programa	143
	- Programa Principal	144
	- Subrotinas	153
	- DATA - Obtenção da Data Atual	153
	- ERRO - Impressão de Mensagens de Erro	154
	- SCAN - Identificação de Elementos Sintáticos	157
	- TRUE - Teste de Bits	165
	- WARN - Impressão de Mensagens de Advertência	166
	- ANALI - Controle das Etapas de Análise	167
	- ATRIB - Atribuição de Forças de Superfície Nodais	173
	- ARQUI - Armazenamento e Recuperação de Resultados	175
	- AUTOV - Cálculo de Autovalores e Autovetores	177
	- BITOF - Manipulação de Bits	182
	- BITON - Manipulação de Bits	183
	- BLOCK DATA - Inicialização das Variáveis em COMMON	184

- CCONS	- Cálculo de Constantes	186
- CNJTL	- Cálculo da Normal e do Jacobiano do Elemento Triangular Plano de Variação Linear	189
- CONSI	- Consistência dos Dados	191
- CPESO	- Cálculo do Efeito de Peso Próprio	193
- CTCON	- Cálculo das Tensões no Contorno	194
- CTDIN	- Cálculo das Incógnitas do Interior	200
- CTPRI	- Cálculo das Tensões Principais	211
- FALSE	- Teste de Bits	212
- FINAL	- Finalização e Impressão da Estatística	213
- GAUSS	- Resolução do Sistema de Equações	215
- GER12	- Geração dos Pontos de Integração até 12 Pontos	225
- GER64	- Geração dos Pontos de Integração 64 Pontos	227
- HORAS	- Obtenção da Hora	229
- ICONE	- Impressão de Conetividade de Elementos	230
- ICONS	- Impressão de Constantes	231
- ICOOR	- Impressão de Coordenadas Nodais	232
- IDADO	- Impressão dos Dados	234
- IDESL	- Impressão de Deslocamentos Nodais	235
- IFORC	- Impressão de Forças de Superfície	238
- IGRAD	- Impressão de Gradientes de Temperatura	241
- IMATR	- Impressão da Matriz do Sistema de Equações	243
- IMPRI	- Controle do Fluxo de Impressão	244
- INCOG	- Determinação de Incógnitas	246
- INICI	- Inicializações	248
- IPESO	- Impressão de Dados de Peso Próprio	250
- IREST	- Impressão de Restrições Nodais	251
- IRESU	- Impressão dos Resultados	253
- ITEMP	- Impressão de Temperaturas Nodais	254
- ITENS	- Impressão de Tensões	256
- LCONE	- Leitura de Conetividade de Elementos	260
- LCONS	- Leitura de Constantes	263
- LCOOR	- Leitura de Coordenadas Nodais	265
- LDPRE	- Leitura de Deslocamentos Prescritos	273

- LEREG - Leitura de Registros	275
- LFORC - Leitura de Forças de Superfície	276
- LGRAD - Leitura de Gradientes de Temperatura	280
- LIST1 - Leitura de Lista de Números	282
- LIST2 - Leitura de Lista de Números	286
- LORIG - Leitura da Origem do Sistema de Coordenadas Atual	290
- LPESO - Leitura de Dados de Peso Próprio	291
- LREST - Leitura de Restrições Nodais	293
- LROTA - Leitura de Ângulos de Rotação do Sistema de Coordenadas Atual	295
- LTCAR - Leitura de Número e Título de Carregamento	297
- LTEMP - Leitura de Temperaturas Nodais	299
- LTITU - Leitura de Título e Inicialização	301
- MDESL - Montagem do Vetor de Deslocamentos Resultantes	302
- MFORC - Montagem do Vetor de Forças de Superfície Resultantes	304
- MSIST - Montagem do Sistema de Equações	305
- MULTI - Rotina Auxiliar para Definição dos Pontos de Integração	323
- MULT3 - Rotina Auxiliar para Definição dos Pontos de Integração	324
- MULT6 - Rotina Auxiliar para Definição dos Pontos de Integração	325
- PAGIN - Paginação das Folhas de Impressão	326
- SOMAR - Adição de Forças de Superfície Nodais	328

## APÊNDICE D

- Manual do Programa	330
D.1 - Entrada dos Comandos	330
D.2 - Regras de Sintaxe	330
D.2.1 - Convenção para Definição da Sintaxe	330
D.2.2 - Vocabulário da Linguagem	332
D.2.3 - Listas de Números	336

D.3	- Descrição dos Comandos	337
D.3.1	- Inicialização: Comando TITULO	338
D.3.2	- Sistemas de Unidades	338
D.3.3	- Sistemas de Coordenadas	339
D.3.3.1	- Translação de Eixos: Comando ORIGEM	341
D.3.3.2	- Rotação de Eixos: Comando ROTACAO	342
D.3.4	- Especificação de Constantes: Comando CONSTANTES	344
D.3.5	- Definição da Malha de Elementos de Contorno	346
D.3.5.1	- Coordenadas Nodais: Comando COORDENADAS	346
D.3.5.2	- Coordenadas Nodais: Comando COORDENADAS MULTIPLAS	348
D.3.5.3	- Definição dos Elementos: Comando CONETIVIDADE	350
D.3.5.4	- Definição dos Elementos: Comando CONETIVIDADE MULTIPLA	351
D.3.6	- Definição das Condições de Contorno: Comando RESTRICOES NODAIS	351
D.3.7	- Especificação das Cargas e Deslocamentos Prescritos	352
D.3.7.1	- Comando CARREGAMENTO	352
D.3.7.2	- Forças de Superfície	353
D.3.7.2.1	- Comando FORCAS DE SUPERFICIE ELEMENTOS	353
D.3.7.2.2	- Comando FORCAS DE SUPERFICIE NODAIS	354
D.3.7.2.3	- Comando ATRIBUIR	355
D.3.7.2.4	- Comando SOMAR	355
D.3.7.3	- Efeito de Temperatura	355
D.3.7.3.1	- Comando TEMPERATURA	355
D.3.7.3.2	- Comando GRADIENTE	356
D.3.7.4	- Efeito de Peso Próprio: Comando PESO	356
D.3.7.5	- Deslocamentos Prescritos	357
D.3.8	- Análise: Comando ANALISE	357
D.3.9	- Impressão de Dados e Resultados: Comando IMPRIMIR	358
D.3.10	- Armazenamento e Recuperação de Resultados	359

D.3.10.1	- Comando GRAVAR RESULTADOS	359
D.3.10.2	- Comando LER RESULTADOS	360
D.3.11	- Finalização: Comando FINAL	360
D.4	- Exemplo Ilustrativo	361

## I - INTRODUÇÃO

Grande parte dos problemas de engenharia pode ser representada por equações diferenciais. Geralmente a sua solução só pode ser obtida numericamente, já que somente em alguns poucos casos simples é possível encontrar-se a solução analítica. Assim vários métodos numéricos têm sido desenvolvidos visando a solução dos problemas de engenharia. Entre outros, pode-se citar o Método das Diferenças Finitas, o Método dos Elementos Finitos (MEF) e o Método dos Elementos de Contorno (MEC). O Método das Diferenças Finitas, por dificuldades relacionadas com a formulação do método para determinados problemas e com a discretização de contornos irregulares, está atualmente em desuso. O Método dos Elementos Finitos encontra-se num estágio de desenvolvimento muito avançado, constituindo-se, incontestavelmente, no método mais utilizado pelo engenheiro na solução dos seus mais variados problemas. Já o Método dos Elementos de Contorno, apesar de não ser tão recente (os primeiros trabalhos datam de 1963 [23, 24, 44]) e de possuir determinadas características que podem torná-lo vantajoso em relação a outros métodos (inclusive o MEF) em certos casos, não teve um grande desenvolvimento durante os últimos anos.

A característica principal do Método dos Elementos de Contorno consiste no fato que a solução das equações diferenciais que descrevem o comportamento de um corpo no seu domínio (contorno e interior), pode ser obtida a partir da solução de uma equação integral sobre o contorno. Assim a solução do problema é obtida somente no contorno a partir de dados do contorno. Valores do interior podem ser obtidos posteriormente a partir desses dados.

A primeira formulação para elasticidade plana foi apresentada por RIZZO [39] em 1967, onde o contorno era discretizado por segmentos de reta, sendo os deslocamentos e forças de superfície constantes em cada segmento e a integração feita analiticamente. CRUSE [15] apresentou a primeira formulação para elasticidade tridimensional onde a superfície era representada por triângu

los planos nos quais as funções eram constantes. Em 1971 SWED LOW e CRUSE [43] apresentaram uma formulação para escoamento elasto-plástico tridimensional. Problemas de elasticidade ortotrópica bidimensional foram estudados por BENJUMEA e SIKARSKIE [4] em 1972. Ainda em 1972 vários trabalhos foram apresentados na International Conference of Variational Methods in Engineering realizada em Southampton, UK, sobre elasticidade bidimensional, elasticidade tridimensional e potencial bidimensional, para materiais isotrópicos e ortotrópicos [12, 16, 32, 46]. Com a mesma formulação de seu trabalho anterior CRUSE [17] mostrou que o método podia proporcionar melhores resultados que o MEF em situações de alta concentração de tensões. Em um trabalho mais recente CRUSE [18] utiliza-se de um elemento triangular plano de variação linear para as funções, para resolver problemas de elasticidade tridimensional. Um grande passo para o desenvolvimento do Método dos Elementos de Contorno foi dado por LACHAT [29] em 1975, que tratando de problemas de elasticidade isotrópica bi e tridimensional, apresentou um eficiente tratamento numérico utilizando-se de elementos curvos de segunda ordem com opções de variação linear, quadrática e cúbica para as funções, sendo as integrais calculadas numericamente por um sofisticado esquema de integração através das fórmulas de quadratura gaussiana. Nesse mesmo trabalho, o domínio do corpo podia ser dividido em sub-regiões, no que resulta uma matriz banda para o sistema de equações, diminuindo assim os tempos computacionais para a montagem e solução do sistema de equações. LACHAT [30, 31, 33, 34] em trabalhos mais recentes tratou dos problemas de elasticidade isotrópica tridimensional considerando o efeito de forças de volume e temperatura. Recentemente RIZZO [40, 41] apresentou trabalhos onde a integral de volume das forças de volume era transformada em uma integral de contorno, eliminando assim a necessidade da utilização de células internas para a integração da integral de volume.

Discontinuidades de forças de superfície em elasticidade bidimensional foram estudadas por CHAUDONNET [13] e por ALARCÓN [1]. Três livros já foram escritos sobre o método, ilustrando sua aplicação aos mais variados problemas de engenharia [6, 10,



25|. Realizam-se atualmente congressos específicos sobre o Método dos Elementos de Contorno, sendo que no último deles em 1980 em Southampton, UK, foram apresentados trabalhos relacionados com: combinação do Método dos Elementos de Contorno com o Método dos Elementos Finitos, obtenção de fundamentais, poten  
cial axissimétrico, equação de Laplace bidimensional, transfe  
rência de calor, problemas de contato bidimensional, rigidez  
dinâmica de fundações, plasticidade, interação fluido-estrutura  
e interação solo-estrutura entre outros |7|.

No presente trabalho apresenta-se uma formulação para elasticidade linear isotrópica tridimensional. São considerados efeitos de forças de volume e temperatura. Obtém-se a equação inte  
gral de contorno a partir do teorema de reciprocidade de Betti,  
utilizando-se a solução fundamental de Kelvin para um corpo elás  
tico infinito sob a ação de uma carga concentrada unitária. Pa  
ra casos em que as forças de volume possam ser expressas em  
função das diferenciais de um escalar  $\Psi$  ( $b_i = -\Psi_{,i}$  com  $\Psi_{,ii} =$   
 $K_0$  onde  $K_0$  é uma constante) a formulação do método é obtida so  
mente com integrais de contorno |40, 41|.

O contorno é representado por elementos isoparamétricos triangulares planos de variação linear para as funções (geometria, des  
locamentos, forças de superfície, temperatura, gradiente de tem  
peratura, escalar das forças de volume e gradiente do escalar).  
A integração sobre os elementos é feita analítica e numericamente. Quanto o ponto de aplicação da carga concentrada pertence  
ao elemento no qual estamos calculando as integrais, estas são  
calculadas analiticamente, pois a integração numérica nesse ca  
so conduz a erros muito grandes (ver exemplos no capítulo V) de  
vido às singularidades existentes nas funções a serem integra  
das. Nos outros elementos as integrais são calculadas numerica  
mente utilizando-se as fórmulas de quadratura gaussiana para  
triângulos |6, 21|.

A aplicação da equação integral de contorno discretizada conduz a um sistema de equações lineares cujas incógnitas são deslocamentos e ou forças de superfície, do contorno. As descontinui

dades de forças de superfície não foram previstas. Sendo assim tem-se para cada nó apenas três incógnitas, que podem ser deslocamentos, forças de superfície ou ambos. A ordem da matriz do sistema é de três vezes o número de pontos nodais. O sistema de equações é resolvido pelo método de triangularização de Gauss.

Deslocamentos e tensões em pontos do interior são obtidos a partir da Identidade de Somigliana. Para cada ponto no qual deseja-se calcular as incógnitas, deve-se integrar sobre todos os elementos, sendo que estas integrais são calculadas numericamente através das fórmulas de quadratura gaussiana.

Obtém-se as tensões no contorno aplicando-se a lei de Hooke, utilizando-se as forças de superfície e as deformações do contorno.

Desenvolveu-se um programa de computador, escrito em FORTRAN IV, visando a implementação do método e obtenção de resultados numéricos. A entrada de dados é feita por intermédio de uma linguagem orientada, facilitando assim o trabalho do usuário do programa. Devido às limitações da linguagem utilizada e também prevendo a possibilidade da utilização do programa em computadores de médio porte (utilizou-se o computador B-6700 do NCE/UFRJ com 2.4 Mbytes de memória central), o sistema de equações é triangularizado por blocos.

Apresenta-se no capítulo V vários exemplos numéricos. Verifica-se a qualidade dos resultados obtidos, quando comparados com a solução analítica e com os resultados proporcionados pelo MEF. Realiza-se alguns testes de convergência, já que ainda não existe nenhuma prova matemática da convergência do método. Analisa-se a influência da distância ao contorno nos resultados obtidos para pontos do interior.

## II - DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

### II.1 - Elasticidade Linear Isotrópica Tridimensional

Apresenta-se a seguir as equações básicas da elasticidade linear isotrópica tridimensional, sendo consideradas forças de volume e temperatura.

#### II.1.1 - Equações de Equilíbrio:

$$\sigma_{ij,j} + b_i - K_1 \theta_{,i} = 0 \quad (\text{II-1})$$

sendo:

$\sigma_{ij}$  = tensor de tensões

$b_i$  = componente na direção  $i$  de força de volume

$K_1$  = constante termoelástica (ver Apêndice A)

$\theta$  = temperatura

#### II.1.2 - Condições de Contorno:

$$t_i = \bar{t}_i + K_1 \theta n_i \quad \text{em } S_1$$

$$u_i = \bar{u}_i \quad \text{em } S_2 \quad (\text{II-2})$$

sendo:

$S = S_1 + S_2$  (contorno total)

$t_i$  = componente na direção  $i$  de força de superfície ( $\sigma_{ij} n_j$ )

$\bar{t}_i$  = componente na direção  $i$  de força de superfície prescrita

$u_i$  = componente na direção  $i$  de deslocamento

$\bar{u}_i$  = componente na direção  $i$  de deslocamento prescrito

$n_i$  = componente na direção  $i$  de normal à superfície

### II.1.3 - Equações Constitutivas (relação tensão-deformação) (lei de Hooke generalizada):

$$\sigma_{ij} = \lambda \epsilon_{kk} \delta_{ij} + 2 \mu \epsilon_{ij} - \delta_{ij} K_1 \theta \quad (\text{II-3})$$

sendo:

$\epsilon_{ij}$  = tensor de deformações

$\delta_{ij}$  = delta de Kronecker

$\mu$  e  $\lambda$  as constantes de Lamé (ver Apêndice A)

### II.1.4 - Relação Deformação-deslocamentos:

$$\epsilon_{ij} = (u_{i,j} + u_{j,i}) / 2 \quad (\text{II-4})$$

## II.2 - Formulação da Equação Integral de Contorno

### II.2.1 - Obtenção da Equação Integral

De acordo com o teorema de reciprocidade de Betti tem-se que:

$$\int_V b_j u_j^* dV + \int_S t_j u_j^* dS = \int_V b_j^* u_j dV + \int_S t_j^* u_j dS \quad (\text{II-5})$$

onde:

$b_j$ ,  $u_j$ ,  $t_j$  e  $b_j^*$ ,  $u_j^*$ ,  $t_j^*$  são respectivamente campos de forças de volume, deslocamentos e forças de superfície, distintos e relacionados com o mesmo corpo elástico, satisfazendo as condições de equilíbrio.

Assim:

$$\sigma_{jk,k}^* + b_j^* = 0 \quad (\text{II-6})$$

Por outro lado sabe-se que a solução da equação:

$$\sigma_{jk,k} + \Delta_i(p) = 0 \quad (\text{II-7})$$

onde:

$\Delta_i(p)$  = função delta de Dirac e representa uma carga concentrada unitária atuando na direção  $i$  do ponto  $p$  de um corpo elástico infinito

é a conhecida solução fundamental de Kelvin para um corpo elástico infinito sob a ação de uma carga concentrada unitária.

Tomando-se a função delta de Dirac como a força de volume  $b_j^*$  da equação (II-5) tem-se:

$$\int_V b_j u_j^* dV + \int_S t_j u_j^* dS = \int_V \Delta_i(p) u_j dV + \int_S t_j^* u_j dS \quad (\text{II-8})$$

sendo agora:

$u_j^*$  e  $t_j^*$  respectivamente os deslocamentos e forças de superfície da solução fundamental de Kelvin

E como:

$$\int_V \Delta_i(p) u_j dV = u_i(p) \quad (\text{II-9})$$

tem-se para (II-8):

$$u_i(p) + \int_S u_j t_{ij}^* dS = \int_S t_j u_{ij}^* dS + \int_V b_j u_{ij}^* dV \quad (\text{II-10})$$

equação esta conhecida como Identidade de Somigliana para pontos do interior de um corpo. [35]

Adotando-se uma notação mais conveniente, pode-se escrever a equação (II-10) novamente da seguinte forma:

$$u_i(p) + \int_S u_j(Q) T_{ij}(p,Q) dS(Q) = \int_S t_j(Q) U_{ij}(p,Q) dS(Q) + \int_V b_j(q) U_{ij}(p,q) dV(q) \quad (\text{II-11})$$

onde:

$p, q \in V$  (domínio)

$P, Q \in S$  (contorno)

sendo:

$u_i(p)$  = deslocamento na direção  $i$  do ponto  $p$

$u_j(Q)$  = deslocamento na direção  $j$  do ponto  $Q$

$t_j(q)$  = força de superfície na direção  $j$  do ponto  $Q$

$b_j(q)$  = força de volume na direção  $j$  do ponto  $q$

$T_{ij}(p, Q)$  = tensor de forças de superfície da solução fundamental de Kelvin, ou seja, força de superfície na direção  $j$  do ponto  $Q$ , devido a uma carga concentrada unitária aplicada na direção  $i$  do ponto  $p$  (ver Apêndice A)

$U_{ij}(p, q)$  = tensor de deslocamentos da solução fundamental de Kelvin, ou seja, deslocamento na direção  $j$  do ponto  $q$ , devido a uma carga concentrada unitária aplicada na direção  $i$  do ponto  $p$  (ver Apêndice A)

$U_{ij}(p, Q)$  = tensor de deslocamentos da solução fundamental de Kelvin, ou seja, deslocamento na direção  $j$  do ponto  $Q$ , devido a uma carga concentrada unitária aplicada na direção  $i$  do ponto  $p$  (ver Apêndice A)

Observa-se que a equação (II-11) relaciona os deslocamentos de um ponto do interior de um corpo com o campo de deslocamentos e forças de superfície no contorno e com as forças de volume através dos tensores da solução fundamental de Kelvin. A estratégia do método dos elementos de contorno consiste em se levar o ponto  $p$  de aplicação da carga concentrada unitária para o contorno ( $p \rightarrow P$ ). O artifício utilizado para a realização desta transformação consiste no seguinte: leva-se o ponto  $p$  para o contorno e cria-se uma superfície adicional envolvendo o ponto de tal maneira que o mesmo continue a pertencer ao interior, levando-se então esta superfície fictícia ao mínimo. Para facilidade de resolução das integrais, escolhe-se uma superfície esférica de raio  $\epsilon$  e calcu

la-se depois as integrais para  $\epsilon \rightarrow 0$  (ver figura II-1).

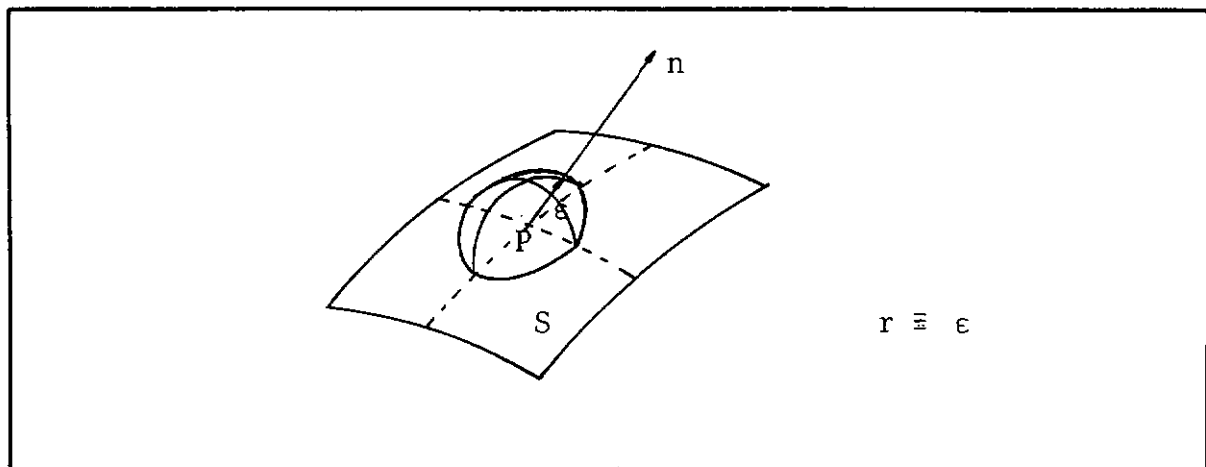


FIGURA II.1 - Transformação do ponto p do interior para o ponto P do contorno.

Assim tem-se para a integral da esquerda da equação (II-11):

$$\begin{aligned} \int_S u_j(Q) T_{ij}(p, Q) dS(Q) &= \int_{S-S_\epsilon} u_j(Q) T_{ij}(P, Q) dS(Q) \\ &+ \int_{S_\epsilon} u_j(Q) T_{ij}(P, Q) dS(Q) \end{aligned} \quad (II-12)$$

Levando-se agora o raio  $\epsilon$  ao limite tem-se:

$$\begin{aligned} \int_S u_j(Q) T_{ij}(p, Q) dS(Q) &= \int_S u_j(Q) T_{ij}(P, Q) dS(Q) \\ &+ \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \int_{S_\epsilon} u_j(Q) T_{ij}(P, Q) dS(Q) \end{aligned} \quad (II-13)$$

sendo que de acordo com BREBBIA [6], para superfícies suaves:

$$\lim_{\epsilon \rightarrow 0} \int_{S_\epsilon} u_j(Q) T_{ij}(P, Q) dS(Q) = -u_i(p) / 2 \quad (II-14)$$

Para superfícies não suaves fica muito difícil a avaliação desta integral, mas felizmente como será exposto adiante, pode ser facilmente calculada de uma maneira indireta pela consideração da possibilidade de movimento de corpo rígido.

Para a outra integral de superfície tem-se que:

$$\int_S t_j(Q) U_{ij}(P, Q) dS(Q) = \int_{S-S_\epsilon} t_j(Q) U_{ij}(P, Q) dS(Q) + \int_{S_\epsilon} t_j(Q) U_{ij}(P, Q) dS(Q) \quad (II-15)$$

sendo que ainda de acordo com BREBBIA [6]:

$$\lim_{\epsilon \rightarrow 0} \int_{S_\epsilon} t_j(Q) U_{ij}(P, Q) dS(Q) = 0 \quad (II-16)$$

não introduzindo, portanto, nenhum termo adicional.

Pode-se então representar simbolicamente a passagem do ponto  $p$  do interior para o ponto  $P$  do contorno através de um coeficiente  $C_{ij}(P)$  conforme pode-se ver na equação seguinte:

$$C_{ij}(P) u_j(P) + \int_S u_j(Q) T_{ij}(P, Q) dS(Q) = \int_S t_j(Q) U_{ij}(P, Q) dS(Q) + \int_V b_j(q) U_{ij}(P, q) dV(q) \quad (II-17)$$

Considerando-se agora a possibilidade de movimento de corpo rígido sem a ação de carregamento, ou seja:

$$t_j(Q) = 0$$

$$b_j(q) = 0$$

$$u_j(P) = u_j(Q) = K_j \text{ (constante)} \quad (II-18)$$

Substituindo-se as equações (II-18) em (II-17) tem-se:

$$C_{ij}(P) K_j + K_j \int_S T_{ij}(P, Q) dS(Q) = 0 \quad (II-19)$$

e por fim de acordo com CRUSE [18]:

$$C_{ij}(P) = - \int_S T_{ij}(P, Q) dS(Q) \quad (II-20)$$



O cálculo dos coeficientes  $C_{ij}(P)$  é feito a tempo de montagem da matriz do sistema, em função de coeficientes já calculados, como será exposto no capítulo III.

Está assim completa a formulação do método dos elementos de contorno para elasticidade linear isótrópica tridimensional. Resta na equação (II-17) ainda uma integral de volume, referente às forças de volume, sendo que a seguir desenvolve-se um processo para reduzi-la a uma integral de contorno, para um caso particular de força de volume.

### II.2.2 - Transformação da Integral de Volume das Forças de Volume em uma Integral de Superfície

Se existir um escalar  $\psi$  tal que [39, 40]:

$$b_j = -\psi_{,j} \quad (II-21)$$

e

$$\psi_{,ii} = K_0 \text{ (constante)} \quad (II-22)$$

então pode-se escrever a integral de volume restante em (II-17) como:

$$\int_V b_j(q) U_{ij}(P,q) dV(q) = -\int_V \psi_{,j}(q) U_{ij}(P,q) dV(q) \quad (II-23)$$

Sabe-se que:

$$\begin{aligned} (\psi(q) U_{ij}(P,q))_{,j} &= \psi_{,j}(q) U_{ij}(P,q) \\ &+ \psi(q) U_{ij,j}(P,q) \end{aligned} \quad (II-24)$$

denominando-se

$$I = \int_V \psi_{,j}(q) U_{ij}(P,q) dV(q) \quad (II-25)$$

tem-se para a integral I:

$$I = \int_V (\Psi(q) U_{ij}(P,q))_{,j} dV(q) - \int_V \Psi(q) U_{ij,j}(P,q) dV(q) \quad (II-26)$$

sendo as suas parcelas:

$$\begin{aligned} I_1 &= \int_V (\Psi(q) U_{ij}(P,q))_{,j} dV(q) \\ I_2 &= \int_V \Psi(q) U_{ij,j}(P,q) dV(q) \end{aligned} \quad (II-27)$$

A integral I será expressa por:

$$I = I_1 + I_2 \quad (II-28)$$

Aplicando-se o teorema de Gauss [26, 27, 46] na integral  $I_1$  tem-se:

$$I_1 = \int_S \Psi(Q) U_{ij}(P,Q) n_j(Q) dS(Q) \quad (II-29)$$

e assim a primeira parcela da integral de volume foi transformada em uma integral de superfície.

Para transformar-se a segunda parcela da integral, deve-se calcular o termo  $U_{ij,j}(P,q)$ , que será escrito como (ver Apêndice A):

$$U_{ij,j} = -2 K_2 \frac{\partial}{\partial y_i} (1/r(P,q)) \quad (II-30)$$

E sendo:

$$\frac{\partial \Psi(q)}{\partial y_i} = 0 \quad (II-31)$$

pois sabe-se que (ver Apêndice A):

$$q = q(x_i) \quad (II-32)$$

portanto  $\Psi(q)$  será função apenas de  $x_i$ , tem-se para a segunda parcela da integral:

$$I_2 = K_2 \frac{\partial}{\partial y_i} \int_V \Psi(q) (2 / r(P,q)) dV(q) \quad (II-33)$$

e como (ver Apêndice A):

$$r_{,ii}(P,q) = 2 / r(P,q) \quad (II-34)$$

pode-se reescrever (II-33):

$$I_2 = K_2 \frac{\partial}{\partial y_i} \int_V \Psi(q) r_{,ii}(P,q) dV(q) \quad (II-35)$$

Observando-se que:

$$\begin{aligned} \Psi(q) r_{,ii}(P,q) &= (\Psi(q) r_{,ii}(P,q) - \Psi_{,ii}(q) r(P,q)) \\ &\quad + \Psi_{,ii}(q) r(P,q) \end{aligned} \quad (II-36)$$

Substituindo-se (II-22) em (II-36), tem-se:

$$\begin{aligned} \Psi(q) r_{,ii}(P,q) &= (\Psi(q) r_{,ii}(P,q) - \Psi_{,ii}(q) r(P,q)) \\ &\quad + K_0 r(P,q) \end{aligned} \quad (II-37)$$

Sendo a Segunda Identidade de Green [27]:

$$\int_V (FG_{,ii} - GF_{,ii}) dV = \int_S (F \frac{\partial G}{\partial n} - G \frac{\partial F}{\partial n}) dS \quad (II-38)$$

Aplicando-se em (II-35), usando-se (II-37), obter-se-a:

$$\begin{aligned} I_2 &= K_2 \frac{\partial}{\partial y_i} \int_S (\Psi(Q) \frac{\partial r}{\partial n}(P,Q) - r(P,Q) \frac{\partial \Psi}{\partial n}(Q)) dS(Q) \\ &\quad + K_0 K_2 \frac{\partial}{\partial y_i} \int_V r(P,q) dV(q) \end{aligned} \quad (II-39)$$

Efetuada-se  $\frac{\partial}{\partial y_i}$  e como:

$$\Psi = \Psi(x_i)$$

$$\frac{\partial r}{\partial x_i} = - \frac{\partial r}{\partial y_i} \quad (\text{II-40})$$

tem-se para (II-39)

$$\begin{aligned} I_2 = & - K_2 \int_S (\Psi(Q) \frac{\partial^2 r}{\partial n \partial x_i}(P, Q) - \frac{\partial \Psi}{\partial n}(Q) \frac{\partial r}{\partial x_i}(P, Q)) dS(Q) \\ & - K_0 K_2 \int_V \frac{\partial r}{\partial x_i}(P, q) dV(q) \end{aligned} \quad (\text{II-41})$$

Aplicando-se novamente o teorema de Gauss, agora na integral de volume de (II-41), vem:

$$\begin{aligned} I_2 = & - K_2 \int_S (\Psi(Q) \frac{\partial^2 r}{\partial n \partial x_i}(P, Q) - \frac{\partial \Psi}{\partial n}(Q) \frac{\partial r}{\partial x_i}(P, Q)) dS(Q) \\ & - K_0 K_2 \int_S r(P, Q) n_i(Q) dS(Q) \end{aligned} \quad (\text{II-42})$$

como (ver apêndice A):

$$\frac{\partial^2 r}{\partial n \partial x_i}(P, Q) = (n_i(Q) - \frac{\partial r}{\partial n}(P, Q) r_{,i}(P, Q) / r(P, Q)) \quad (\text{II-43})$$

e substituindo-se em (II-42):

$$\begin{aligned} I_2 = & -K_2 \int_S (\Psi(Q) (n_i(Q) - \frac{\partial r}{\partial n}(P, Q) r_{,i}(P, Q)) / r(P, Q)) dS(Q) \\ & + K_2 \int_S \frac{\partial \Psi}{\partial n}(Q) r_{,i}(P, Q) dS(Q) \\ & - K_0 K_2 \int_S r(P, Q) n_i(Q) dS(Q) \end{aligned} \quad (\text{II-44})$$

Substituindo-se agora (II-44) e (II-29) em (II-28), (II-25), (II-23) e finalmente em (II-17) tem-se:

$$\begin{aligned}
& C_{ij}(P) u_j(P) + \int_S u_j(Q) T_{ij}(P,Q) dS(Q) \\
& - \int_S t_j(Q) U_{ij}(P,Q) dS(Q) = \\
& - \int_S \psi(Q) n_j(Q) U_{ij}(P,Q) dS(Q) \\
& + K_2 \int_S (\psi(Q) (n_i(Q) - \frac{\partial r}{\partial n}(P,Q) r_{,i}(P,Q)) \\
& \quad / r(P,Q)) dS(Q) \\
& - K_2 \int_S \frac{\partial \psi}{\partial n}(Q) r_{,i}(P,Q) dS(Q) \\
& + K_0 K_2 \int_S r(P,Q) n_i(Q) dS(Q) \tag{II-45}
\end{aligned}$$

Assim com a equação (II-45) tem-se a formulação do método, considerando-se forças de volume, com integrais somente no contorno.

### II.2.3 - Consideração do Efeito de Temperatura

Sabe-se que, conforme as equações (II-1) e (II-2), a consideração do efeito de temperatura pode ser feita adicionando-se o termo  $-K_1 \theta_{,i}$  às forças de volume e o termo  $K_1 \theta n_j$  às forças de superfície.

Tem-se também que encontrar um escalar que satisfaça as condições dadas pelas equações (II-21) e (II-22), donde se conclui que este escalar deve ser dado por:

$$\psi^t = K_1 \theta \tag{II-46}$$

e:

$$\psi^t_{,ii} = K_0 = K_1 \theta_{,ii} \tag{II-47}$$

ou seja, o escalar corresponde ao próprio campo de temperatura multiplicado por uma constante termoelástica (ver Apêndice A) e a constante  $K_0$  corresponde ao Laplaciano da temperatura multipli

cado pela mesma constante  $K_1$ . Conclui-se portanto que esta se considerando um caso de temperatura em regime estacionário (fluxo constante de calor), sendo que a constante  $K_0$  possibilita a inclusão do efeito proporcionado por uma fonte interna de calor (Laplaciano da temperatura igual a uma constante).

Pode-se então efetivar a inclusão do efeito de temperatura em regime estacionário, substituindo-se na equação (II-45):

$$\Psi \rightarrow \Psi + K_1 \theta \quad (\text{II-48})$$

$$t_j \rightarrow t_j + K_1 \theta n_j \quad (\text{II-49})$$

E tem-se finalmente a equação integral de contorno para termoe-  
lasticidade linear homogênea isotrópica tridimensional:

$$\begin{aligned} C_{ij}(P) u_j(P) + \int_S u_j(Q) T_{ij}(P,Q) dS(Q) \\ - \int_S t_j(Q) U_{ij}(P,Q) dS(Q) = \\ - \int_S \Psi(Q) V_i(P,Q) dS(Q) \\ + \int_S (\Psi(Q) + K_1 \theta(Q)) X_i(P,Q) dS(Q) \\ - \int_S \left( \frac{\partial \Psi}{\partial n}(Q) + K_1 \frac{\partial \theta}{\partial n}(Q) \right) Y_i(P,Q) dS(Q) \\ + \int_S K_0 Z_i(P,Q) dS(Q) \end{aligned} \quad (\text{II-50})$$

Sendo:

$V_i$ ,  $X_i$ ,  $Y_i$  e  $T_i$  vetores oriundos da transformação da integral de volume (ver Apêndice A).

## II.3 - Cálculo das Incógnitas no Interior

### II.3.1 - Cálculo dos Deslocamentos

Deslocamentos no interior são obtidos a partir da identidade de Somigliana (II-11), sendo que após transformar-se a integral de volume em uma integral de contorno tem-se:

$$\begin{aligned}
 u_i(p) = & - \int_S u_j(Q) T_{ij}(p, Q) dS(Q) \\
 & + \int_S t_j(Q) U_{ij}(p, Q) dS(Q) \\
 & - \int_S \psi(Q) V_i(p, Q) dS(Q) \\
 & + \int_S (\psi(Q) + K_1 \theta(Q)) X_i(p, Q) dS(Q) \\
 & - \int_S \left( \frac{\partial \psi}{\partial n}(Q) + K_1 \frac{\partial \theta}{\partial n}(Q) \right) Y_i(p, Q) dS(Q) \\
 & + \int_S K_0 Z_i(p, Q) dS(Q)
 \end{aligned} \tag{II-51}$$

Pode-se observar que a equação (II-51) é idêntica a equação (II-50), exceto pelo fato que o ponto de aplicação da carga unitária agora pertence ao interior, mais especificamente corresponde ao ponto no qual quer-se calcular os deslocamentos. E como a passagem do ponto  $p$  do interior para o ponto  $P$  do contorno dava-se através do coeficiente  $C_{ij}(P)$ , obviamente em (II-51) não existe tal coeficiente.

### II.3.2 - Cálculo das Tensões

A partir das equações constitutivas (II-3) e das equações de compatibilidade (II-4) obtém-se:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{ij}(p) = & \lambda u_{k,k}(p) \delta_{ij} + \mu (u_{i,j}(p) + u_{j,i}(p)) \\
 & - \delta_{ij} K_1 \theta(p)
 \end{aligned} \tag{II-52}$$

Após efetuar-se as diferenciações tem-se:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{ij}(p) = & - \int_S u_K(Q) S_{ijk}(p,Q) dS(Q) \\
 & + \int_S t_K(Q) D_{ijk}(p,Q) dS(Q) \\
 & - \int_S \psi(Q) E_{ij}(p,Q) dS(Q) \\
 & + \int_S (\psi(Q) + K_L \theta(Q)) F_{ij}(p,Q) dS(Q) \\
 & - \int_S \left( \frac{\partial \psi}{\partial n}(Q) + K_L \frac{\partial \theta}{\partial n}(Q) \right) G_{ij}(p,Q) dS(Q) \\
 & + \int_S K_0 H_{ij}(p,Q) dS(Q) - \delta_{ij} K_L \theta(p) \quad (II-53)
 \end{aligned}$$

onde:

$D_{ijk}(p,Q)$ ,  $S_{ijk}(p,Q)$ ,  $E_{ij}(p,Q)$ ,  $F_{ij}(p,Q)$ ,  $G_{ij}(p,Q)$  e  $H_{ij}(p,Q)$  são os tensores resultantes da aplicação da equação (II-52) (ver Apêndice A).

#### II.4 - Cálculo das Tensões no Contorno

Da lei de Hooke (relação tensão-deformação) tem-se que:

$$\sigma_{ij} = \lambda \epsilon_{kk} \delta_{ij} + 2 \mu \epsilon_{ij} - \delta_{ij} K_L \theta \quad (II-3)$$

repetida

Considerando-se agora um sistema de eixos local a um ponto  $Q$  do contorno, onde o eixo  $x_3$  coincide com a normal à superfície no ponto considerado (ver figura II.2) pode-se escrever (II-3) de uma forma expandida como:



$$\sigma'_{11} = \lambda (\epsilon'_{11} + \epsilon'_{22} + \epsilon'_{33}) + 2 \mu \epsilon'_{11} - K_1 \theta$$

$$\sigma'_{12} = \sigma'_{21} = 2 \mu \epsilon'_{12}$$

$$\sigma'_{22} = \lambda (\epsilon'_{11} + \epsilon'_{22} + \epsilon'_{33}) + 2 \mu \epsilon'_{22} - K_1 \theta$$

$$\sigma'_{13} = \sigma'_{31} = 2 \mu \epsilon'_{13} = t'_1$$

$$\sigma'_{23} = \sigma'_{32} = 2 \mu \epsilon'_{23} = t'_2$$

$$\sigma'_{33} = \lambda (\epsilon'_{11} + \epsilon'_{22} + \epsilon'_{33}) + 2 \mu \epsilon'_{33} - K_1 \theta = t'_3 \quad (\text{II-54})$$

Da última equação em (II-54) tem-se que:

$$\epsilon'_{33} = (t'_3 - \lambda (\epsilon'_{11} + \epsilon'_{22}) + K_1 \theta) / (2 \mu + \lambda) \quad (\text{II-55})$$

Substituindo-se (II-55) em (II-54) tem-se finalmente as seguintes expressões para as tensões em função das deformações e das forças de superfície no sistema local de eixos do ponto considerado:

$$\sigma'_{11} = \frac{\nu}{1 - \nu} t'_3 + \frac{E}{1 - \nu^2} \epsilon'_{11} + \frac{E \nu}{1 - \nu^2} \epsilon'_{22} - \frac{\alpha E}{1 - \nu} \theta$$

$$\sigma'_{12} = \sigma'_{21} = \frac{E}{1 + \nu} \epsilon'_{12}$$

$$\sigma'_{13} = \sigma'_{31} = t'_1$$

$$\sigma'_{22} = \frac{\nu}{1 - \nu} t'_3 + \frac{E \nu}{1 - \nu^2} \epsilon'_{11} + \frac{E}{1 - \nu^2} \epsilon'_{22} - \frac{\alpha E}{1 - \nu} \theta$$

$$\sigma'_{23} = \sigma'_{32} = t'_2$$

$$\sigma'_{33} = t'_3 \quad (\text{II-56})$$

As deformações serão obtidas a partir da equação (II-4) (relação deformação-deslocamento).

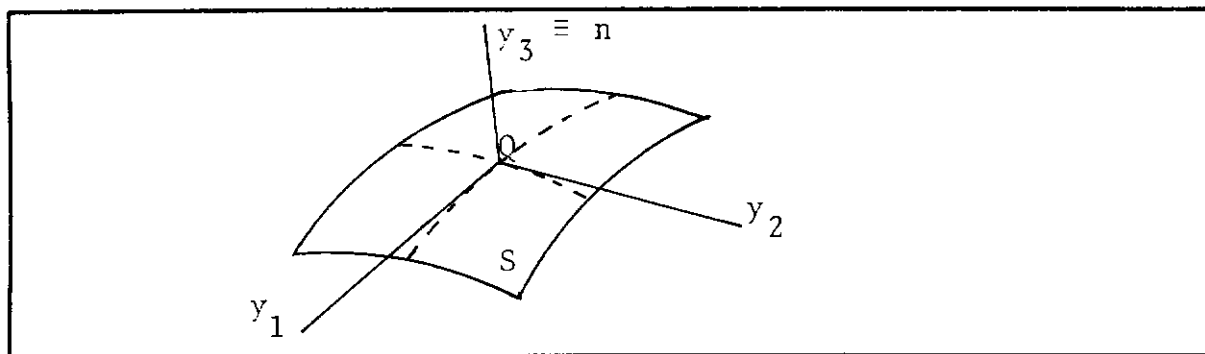


FIGURA II.2 - Sistema Local de Coordenadas Cartesianas num ponto Q do contorno.

## II.5 - Cálculo das Tensões Principais

Uma direção principal de um ponto é definida pela normal  $n$  tal que:

$$\sigma_{ij} n_j = \sigma n_i \quad (\text{II-57})$$

onde  $\sigma$  é um escalar denominado tensão principal.

Pode-se reescrever a equação acima como:

$$(\sigma_{ij} - \delta_{ij} \sigma) n_j = 0 \quad (\text{II-58})$$

ou seja, tem-se um problema de autovalores.

As tensões principais são os autovalores da matriz correspondente ao tensor de tensões do ponto considerado e as direções principais são os autovetores normalizados.

### III - DESENVOLVIMENTO NUMÉRICO

#### III.1 - Discretização do Contorno

Discretiza-se o contorno em um determinado número de elementos e pontos nodais. As funções em cada elemento são dados pela interpolação dos valores nodais das mesmas, ou seja:

$$f(Q) = N^{\ell}(Q) f^{\ell} \quad (\text{III-1})$$

onde:

$f(Q)$  = função no ponto  $Q$  do elemento

$f^{\ell}$  = função no ponto nodal  $\ell$  do elemento

$N^{\ell}(Q)$  = função de interpolação para as funções, no ponto  $Q$  do elemento

$\ell$  = 1, número de pontos nodais do elemento

A geometria do elemento, ou seja as coordenadas de um ponto  $Q$  do elemento são dadas por:

$$x_i(Q) = M^{\ell}(Q) x_i^{\ell} \quad (\text{III-2})$$

onde:

$x_i(Q)$  = coordenada na direção  $i$  do ponto  $Q$

$x_i^{\ell}$  = coordenada na direção  $i$  do ponto nodal  $\ell$

$M^{\ell}(Q)$  = função de interpolação para geometria, no ponto  $Q$

$\ell$  = 1, número de pontos nodais do elemento

#### III.2 - Equação Integral de Contorno Discretizada

Tomando-se a equação (II-50) e representando-se as funções de deslocamentos, forças de superfície, escalar das forças de volume, temperatura, gradiente do escalar das forças de volume e gradiente de temperatura, em cada elemento, através das funções de interpolação (equação III-1) tem-se a equação integral discretizada:

$$\begin{aligned}
& C_{ij}(P_n) u_j(P_n) + u_j^{\ell m} \int_{S^m} N^\ell(Q) T_{ij}(P_n, Q) dS(Q) \\
& - t_j^{\ell m} \int_{S^m} N^\ell(Q) U_{ij}(P_n, Q) dS(Q) = \\
& - \psi^{\ell m} \int_{S^m} N^\ell(Q) V_i(P_n, Q) dS(Q) \\
& + (\psi^{\ell m} + K_1 \theta^{\ell m}) \int_{S^m} N^\ell(Q) X_i(P_n, Q) dS(Q) \\
& - \left( \frac{\partial \psi^{\ell m}}{\partial n} + K_1 \frac{\partial \theta^{\ell m}}{\partial n} \right) \int_{S^m} N^\ell(Q) Y_i(P_n, Q) dS(Q) \\
& + K_0^m \int_{S^m} Z_i(P_n, Q) dS(Q) \quad (III-3)
\end{aligned}$$

sendo que os índices têm a seguinte variação:

- $i, j = 1, 3$  (número de dimensões do espaço)
- $\ell = 1$ , número de pontos nodais do elemento  $m$
- $m = 1$ , número de elementos
- $n = 1$ , número de pontos nodais (NN)

Deve-se observar que o índice  $m$  de  $K_0$  é utilizado apenas para indicar somatória em todos os elementos.

### III.3 - Sistema de Equações Lineares

Para cada ponto nodal  $P_n$  e para cada direção  $i$  onde aplica-se a carga concentrada unitária, obtém-se uma equação dada por (III-3), formando-se assim um sistema de equações lineares. Tem-se ao todo um número de equações igual a três vezes o número de pontos nodais. Numa determinada direção de um ponto nodal, deve-se conhecer o deslocamento ou a força de superfície, sendo o outro valor incógnito. Como não estão previstas descontinuidades de forças de superfície, tem-se para cada ponto nodal, sempre três valores conhecidos e três incógnitos. Sendo assim o número de incógnitas é igual ao número de equações disponíveis.

$$A_{ij} u_j + B_{ik} t_k = C_i \quad (III-4)$$

onde:

$A_{ij}$  = coeficientes dos deslocamentos

$B_{ik}$  = coeficientes das forças de superfície

$C_i$  = coeficientes independentes

$u_j$  = deslocamento na direção global  $j$

$t_k$  = força de superfície na direção global  $k$

$i, j = 1, 3 \text{ NN}$

$k = 1$ , número total de forças de superfície

Como alguns deslocamentos são conhecidos e outros incógnitos, ocorrendo o mesmo com relação às forças de superfície, agrupando-se os coeficientes dos valores incógnitos, obtém-se o sistema de equações:

$$A_{ij}^* f_j = C_i^* \quad (\text{III-5})$$

onde:

$A_{ij}^*$  = coeficientes das incógnitas

$C_i^*$  = coeficientes independentes

$f_j$  = incógnitas (deslocamentos e ou forças de superfície)

$i, j = 1, 3 \text{ NN}$

Sendo que a matriz do sistema é totalmente cheia e não simétrica. Visando uniformidade na ordem de grandeza dos coeficientes da matriz do sistema, os coeficientes dos deslocamentos são multiplicados por um escalar igual a maior distância entre dois pontos do contorno, e os coeficientes das forças de superfície são multiplicados pelo módulo de elasticidade. Obtém-se assim um sistema de equações bastante estável, podendo ser resolvido diretamente pelo método de triangularização de Gauss, sem necessidade de interação dos resíduos [29].

O cálculo dos coeficientes  $C_{ij}$  é realizado indiretamente, a tempo de montagem do sistema de equações, pela consideração da possibilidade de deslocamento de corpo rígido. Tomando-se a equação (III-4) e considerando-se o corpo sem a ação de cargas externas e de forças de volume, tem-se:

$$A_{ij} u_j = 0 \quad (\text{III-6})$$

onde:

$$i, j = 1, 3 \text{ NN}$$

Como o corpo tem um deslocamento de corpo rígido, todos os pontos nodais devem ter o mesmo deslocamento, assim pode-se escrever que:

$$d_{ij}^n K_j + r_{ij}^{nk} K_j^k = 0 \quad (\text{III-7})$$

onde:

$d_{ij}^n$  = coeficientes das submatrizes diagonais da matriz A

$r_{ij}^{nk}$  = coeficientes das submatrizes não diagonais da matriz A

$K_j^k = K_j$  = componentes do deslocamento de corpo rígido

$i, j = 1, 3$

$k = 1, \text{NN} - 1$

$n = 1, \text{NN}$

Assim tem-se para os coeficientes das submatrizes diagonais da matriz A, onde estão incluídos os valores dos coeficientes  $C_{ij}$ :

$$d_{ij}^n = - K^k r_{ij}^{nk} \quad (\text{III-8})$$

onde:

$$K^k = 1$$

e os índices têm a mesma variação da equação (III-7)

#### III.4 - Cálculo das Incógnitas do Interior

Após a resolução do sistema de equações lineares, tem-se a solução do problema para o contorno. Como muitas vezes quer-se saber o comportamento de determinados pontos do interior, basta

fornecer-se a localização do ponto, e no caso de estar sendo considerado o efeito de temperatura, fornecer-se também o valor da temperatura no ponto.

As incógnitas de um ponto do interior são obtidas a partir das fórmulas obtidas no capítulo II, sendo que para cada ponto deve-se integrar sobre todos os elementos do contorno.

#### III.4.1 - Cálculo dos Deslocamentos

Utilizando-se a equação (II-51) e as funções da interpolação da das pela equação (III-1) tem-se:

$$\begin{aligned}
 u_i(p) = & - u_j^{\ell m} \int_{S^m} N^\ell(Q) T_{ij}(p, Q) dS(Q) \\
 & + t_j^{\ell m} \int_{S^m} N^\ell(Q) U_{ij}(p, Q) dS(Q) \\
 & - \psi^{\ell m} \int_{S^m} N^\ell(Q) V_i(p, Q) dS(Q) \\
 & + (\psi^{\ell m} + K_1 \theta^{\ell m}) \int_{S^m} N^\ell(Q) X_i(p, Q) dS(Q) \\
 & - \left( \frac{\partial \psi}{\partial n}^{\ell m} + K_1 \frac{\partial \theta}{\partial n}^{\ell m} \right) \int_{S^m} N^\ell(Q) Y_i(p, Q) dS(Q) \\
 & + K_0^m \int_{S^m} Z_i(p, Q) dS(Q)
 \end{aligned} \tag{III-9}$$

sendo que os índices têm a seguinte variação:

- $i, j = 1, 3$  (número de dimensões do espaço)
- $\ell = 1$ , número de pontos nodais do elemento  $m$
- $m = 1$ , número de elementos

#### III.4.2 - Cálculo das Tensões

Utilizando-se a equação (II-53) e as funções de interpolação da das pela equação (III-1) tem-se:

$$\begin{aligned}
\sigma_{ij}(p) = & - u_k^{\ell m} \int_{S^m} N^\ell(Q) S_{ijk}(p, Q) dS(Q) \\
& + t_k^{\ell m} \int_{S^m} N^\ell(Q) D_{ijk}(p, Q) dS(Q) \\
& - \psi^{\ell m} \int_{S^m} N^\ell(Q) E_{ij}(p, Q) dS(Q) \\
& + (\psi^{\ell m} + K_1 \theta^{\ell m}) \int_{S^m} N^\ell(Q) F_{ij}(p, Q) dS(Q) \\
& - \left( \frac{\partial \psi}{\partial n}^{\ell m} + K_1 \frac{\partial \theta}{\partial n}^{\ell m} \right) \int_{S^m} N^\ell(Q) G_{ij}(p, Q) dS(Q) \\
& + K_0^m \int_{S^m} H_{ij}(p, Q) dS(Q) - \delta_{ij} K_1 \theta(p) \quad (III-10)
\end{aligned}$$

sendo que os índices têm a seguinte variação:

$i, j = 1, 3$  (número de dimensões do espaço)

$\ell = 1$ , número de pontos nodais do elemento  $m$

$m = 1$ , número de elementos

### III.5 - Elemento Isoparamétrico Triangular Plano de Variação $L_i$ near

#### III.5.1 - Definição do Elemento

Para representação de superfícies, o elemento mais simples que pode ser utilizado é o triângulo plano.



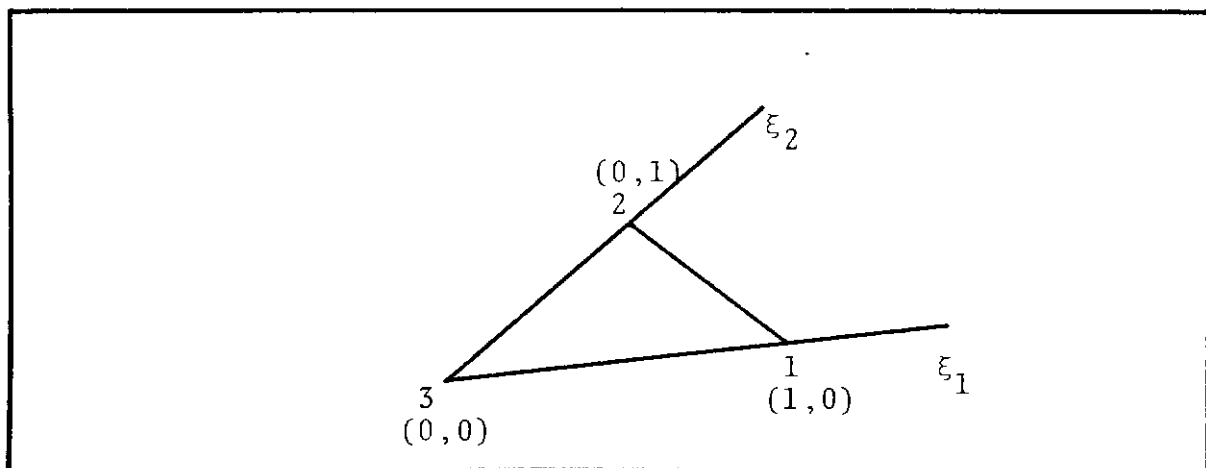


FIGURA III.1 - Sistema de coordenadas oblíquas.

Trabalhando-se com um sistema de coordenadas oblíquas  $\xi_1$ ,  $\xi_2$ , que variam de 0 a 1 sobre os lados do triângulo (ver fig. III-1) e definindo-se uma outra coordenada  $\xi_3$  como:

$$\xi_3 = 1 - \xi_1 - \xi_2 \quad (\text{III-11})$$

então tem-se:

$$x_i(Q) = \xi_\ell(Q) x_i^\ell \quad (\text{III-12})$$

onde:

$$\ell = 1, 3 \text{ (número de pontos nodais do elemento)}$$

ou seja, as funções de interpolação para geometria são as coordenadas  $\xi_i$ , também conhecidas como coordenadas intrínsecas ou coordenadas triangulares.

Adotando-se variação linear também para as funções de interpolação das demais funções (deslocamentos, forças de superfície, etc), tem-se:

$$M^\ell(Q) = N^\ell(Q) = \xi_\ell(Q) \quad (\text{III-13})$$

onde:

$\xi_{\ell}(Q)$  = coordenada triangular do ponto Q

$\ell$  = 1, 3 (número de pontos nodais)

### III.5.2 - Cálculo das Integrais sobre os Elementos

Observando-se as fórmulas dos tensores da solução fundamental de Kelvin (ver Apêndice A), pode-se notar que os mesmos apresentam singularidades no ponto de aplicação da carga concentrada unitária. (Na fig. III.2 apresenta-se o gráfico da variação de uma das funções a ser integrada). Sendo assim, após realizar-se alguns testes integrando-se numericamente sobre todos os elementos (ver exemplos no capítulo V), optou-se pela utilização de um processo misto de integração. Assim quando o ponto de aplicação da carga concentrada unitária pertence ao elemento, as integrais são calculadas analiticamente, sendo que nos outros elementos são calculadas numericamente. Para pontos do interior todas as integrais são calculadas numericamente.

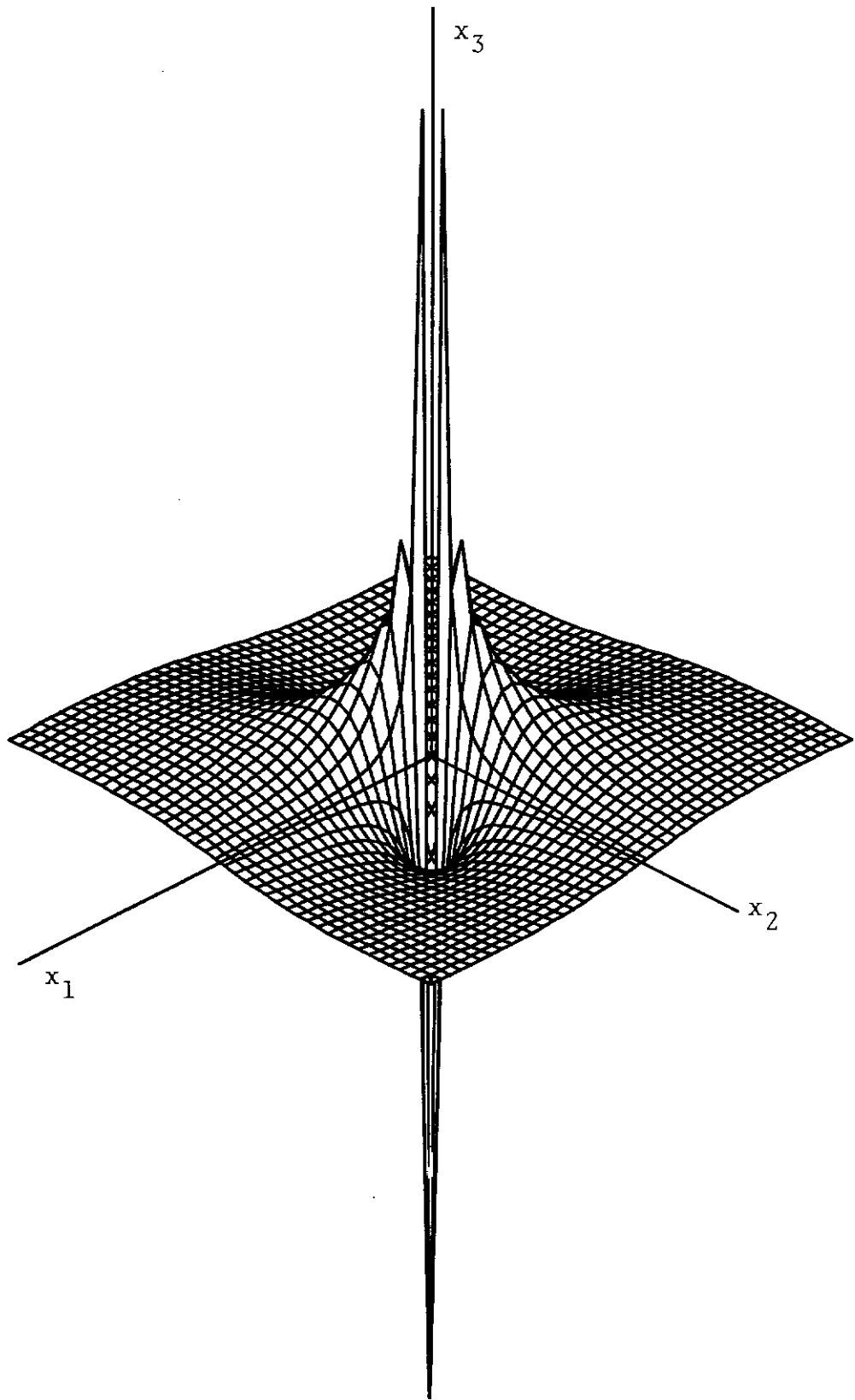


FIGURA III.2 - Variação da função  $T_{31} N^3$  em redor do ponto de aplicação da carga concentrada unitária.

### III.5.2.1 - Integração Numérica

Utiliza-se as fórmulas de quadratura gaussiana para triângulos [6, 21]. Na tabela III.1 apresenta-se as coordenadas triangulares e os pesos para vários graus de precisão. Por exemplo, a fórmula de treze pontos garante a integração exata para uma função polinomial de sétimo grau. As coordenadas dos diversos pontos são obtidas permutando-se os valores dados na tabela. Assim para o caso da fórmula de treze pontos, seis desses pontos são obtidos pela permutação do último conjunto de coordenadas, que tem multiplicidade seis, sendo o peso, igual para esses seis pontos.

As integrais a serem calculadas são do tipo:

$$I = \int_S f(Q) dS(Q) = \int_0^1 \int_0^{1-\xi_2} f(\xi_1, \xi_2, \xi_3) J d\xi_1 d\xi_2 \quad (\text{III-14})$$

onde:

$f$  = função a ser integrada

$J$  = jacobiano da transformação de coordenadas

sendo que no caso do triângulo, o jacobiano é constante e igual a duas vezes a área, ou seja, a transformação dos diferenciais de área é dada por:

$$dS = 2 A d\xi_1 d\xi_2 \quad (\text{III-15})$$

onde:

$A$  = área do triângulo

Deste modo, tem-se:

$$\begin{aligned} I &= \int_0^1 \int_0^{1-\xi_2} f(\xi_1, \xi_2, \xi_3) 2 A d\xi_1 d\xi_2 \\ &= 2 A w_i f(\xi_1^i, \xi_2^i, \xi_3^i) \end{aligned} \quad (\text{III-16})$$

onde:

$w_i$  = pesos (dados pela tabela III.1)

$\xi_1^i, \xi_2^i, \xi_3^i$  = coordenadas dos pontos de integração (dadas pela tabela III.1)

TABELA III.1 - Coordenadas triangulares e pesos dos pontos de integração.

$w_i$	$\xi_1$	$\xi_2$	$\xi_3$	Multiplicity
	3-point formula	degree of precision 2		
0.33333 33333 33333	0.66666 66666 66667	0.16666 66666 66667	0.16666 66666 66667	3
	3-point formula	degree of precision 2		
0.33333 33333 33333	0.50000 00000 00000	0.50000 00000 00000	0.00000 00000 00000	3
	4-point formula	degree of precision 3		
-0.56250 00000 00000	0.33333 33333 33333	0.33333 33333 33333	0.33333 33333 33333	1
0.52083 33333 33333	0.60000 00000 00000	0.20000 00000 00000	0.20000 00000 00000	3
	6-point formula	degree of precision 3		
0.16666 66666 66667	0.65902 76223 74092	0.23193 33685 53031	0.10903 90090 72877	6
	6-point formula	degree of precision 4		
0.10995 17436 55322	0.81684 75729 80459	0.09157 62135 09771	0.09157 62135 09771	3
0.22338 15896 78011	0.10810 30181 68070	0.44594 84909 15965	0.44594 84909 15965	3
	7-point formula	degree of precision 4		
0.37500 00000 00000	0.33333 33333 33333	0.33333 33333 33333	0.33333 33333 33333	1
0.10416 66666 66667	0.73671 24989 68435	0.23793 23664 72434	0.02535 51345 51932	6
	7-point formula	degree of precision 5		
0.22503300003300000	0.33333 33333 33333	0.33333 33333 33333	0.33333 33333 33333	1
0.12593 91805 44827	0.79742 69853 53087	0.10128 65073 23456	0.10128 65073 23456	3
0.13239 41527 88506	0.47014 20641 05115	0.47014 20641 05115	0.05971 58717 89770	3
	9-point formula	degree of precision 5		
0.20595 05047 60887	0.12494 95032 33232	0.43752 52483 83384	0.43752 52483 83384	3
0.06369 14142 86223	0.79711 26518 60071	0.16540 99273 89841	0.03747 74207 50088	6
	12-point formula	degree of precision 6		
0.05084 49063 70207	0.87382 19710 16996	0.06308 90144 91502	0.06308 90144 91502	3
0.11678 62757 26379	0.50142 65096 58179	0.24928 67451 70910	0.24928 67451 70911	3
0.08285 10756 18374	0.63650 24991 21399	0.31035 24510 33785	0.05314 50498 44816	6
	13-point formula	degree of precision 7		
-0.14957 00444 67670	0.33333 33333 33333	0.33333 33333 43333	0.33333 33333 33333	1
0.17561 52574 33204	0.47930 80678 41923	0.26034 59660 79038	0.26034 59660 79038	3
0.05334 72356 08839	0.86973 97941 95568	0.06513 01029 02216	0.06513 01029 02216	3
0.07711 37608 90257	0.63844 41885 69809	0.31286 54960 04875	0.4869 03154 253160	6

### III.5.2.2 - Integração Analítica

Para efetuar a integração analítica, adota-se um sistema de eixos local ao elemento considerado de acordo com a figura III.3.

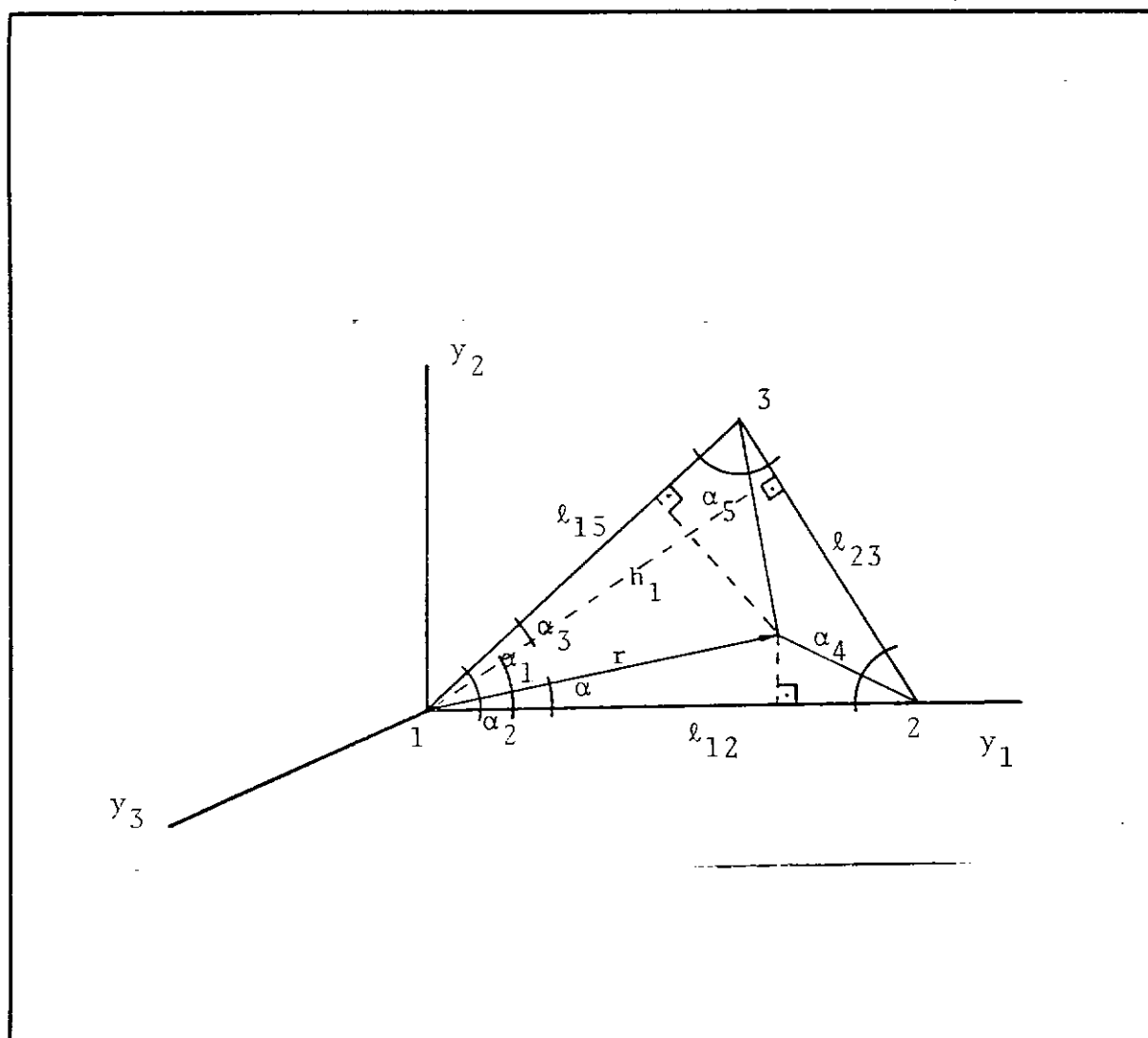


FIGURA III.3 - Sistema local de coordenadas cartesianas e coordenadas polares.

Escrevendo-se os tensores e os vetores da equação (III-3) no sistema local de eixos (em coordenadas polares), obtêm-se facilmente as integrais (ver Apêndice B).

As integrais são de dois tipos:

$$I_{ij}^{\ell m} = \int_S^m N^{\ell}(Q) t_{ij}(P, Q) dS(Q)$$

$$I_i^{\ell m} = \int_S^m N^{\ell}(Q) v_i(P, Q) dS(Q) \quad (\text{III-17})$$

onde:

$t_{ij}$  representa os tensores  $T_{ij}$  e  $U_{ij}$

$\vec{v}_i$  representa os vetores  $V_i$ ,  $X_i$ ,  $Y_i$  e  $Z_i$

A transformação de sistema de coordenadas para tensores e vetores obtêm-se respectivamente por:

$$t_{ij} = e'_{ik} t'_{kn} e_{nj}$$

$$v_i = e_{ij} v'_j \quad (III-18)$$

onde:

$t_{ij}$  = tensor no primeiro sistema de coordenadas

$t'_{kn}$  = tensor no segundo sistema de coordenadas

$v_i$  = vetor no primeiro sistema de coordenadas

$v'_j$  = vetor no segundo sistema de coordenadas

$e_{ij}$ ,  $e_{nj}$  = coeficientes da matriz de rotação do segundo para o primeiro sistema de coordenadas

$e'_{ik}$  = coeficientes da transposta da matriz de rotação do segundo para o primeiro sistema de coordenadas

No sistema local de eixos, tem-se que:

$$I_{ij}^{\ell m} = \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} N^{\ell}(r, \alpha) e'_{ik} t'_{kn}(r, \alpha) e_{nj} r dr d\alpha$$

$$I_i^{\ell m} = \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} N^{\ell}(r, \alpha) e_{ij} v'_j(r, \alpha) r dr d\alpha \quad (III-19)$$

e denominando-se:

$$I t_{kn} N^{\ell} = \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} N^{\ell}(r, \alpha) t'_{kn}(r, \alpha) r dr d\alpha$$

$$I v_n N^{\ell} = \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} N^{\ell}(r, \alpha) v'_j(r, \alpha) r dr d\alpha \quad (III-20)$$

finalmente pode-se escrever:

$$I_{ij}^{\ell m} = e'_{ik} I t_{kn} N^{\ell} e_{nj}$$

$$I_i^{\ell m} = e_{ij} I v_n N^{\ell} \quad (\text{III-21})$$

sendo que as fórmulas finais e o desenvolvimento das integrais são dados no Apêndice B.

### III.5.3 - Cálculo das Tensões no Contorno

Para calcular-se as tensões no contorno, utiliza-se as equações (II-56), sendo que as deformações são obtidas por:

$$\epsilon_{ij} = (u_{i,j} + u_{j,i}) / 2 \quad (\text{II-4})$$

repetida

Como:

$$u_i = \xi_{\ell} u_i^{\ell} \quad (\text{III-22})$$

e escrevendo-se:

$$\xi_{\ell} = c_{\ell k} x_k + c_{\ell 4} \quad (\text{III-23})$$

onde:

$c_{\ell k}$ ,  $c_{\ell 4}$  são coeficientes da transformação de coordenadas cartesianas em coordenadas triangulares (ver Apêndice B)

Substituindo-se (III-23) em (III-22) tem-se:

$$u_i = (c_{\ell k} x_k + c_{\ell 4}) u_i^{\ell} \quad (\text{III-24})$$

e as diferenciais serão:

$$u_{i,j} = c_{\ell j} u_i^{\ell} \quad (\text{III-25})$$



No sistema local de eixos (ver fig. III.1) tem-se:

$$u'_{i,j} = c_{\ell j} e'_{ik} u_k^{\ell} \quad (\text{III-26})$$

onde:

$e'_{ik}$  = coeficientes da matriz de rotação do sistema global para o sistema local de eixos (transposta da matriz de rotação do sistema local para o sistema global)

Aplicando-se agora a equação (II-4) obtém-se:

$$\begin{aligned} \epsilon'_{11} &= u'_{1,1} \\ &= c_{\ell 1} e'_{1k} u_k^{\ell} \\ \epsilon'_{12} &= (u'_{1,2} + u'_{2,1}) / 2 \\ &= (c_{\ell 2} e'_{1k} u_k^{\ell} + c_{\ell 1} e'_{2k} u_k^{\ell}) / 2 \\ \epsilon'_{22} &= u'_{2,2} \\ &= c_{\ell 2} e'_{2k} u_k^{\ell} \end{aligned} \quad (\text{III-27})$$

Pela substituição das equações (III-27) nas equações (II-56) obtém-se as expressões das tensões no sistema local de eixos do elemento.

Para obter-se as tensões no sistema global basta lembrar-se que:

$$\sigma_{ij} = e'_{ik} \sigma'_{kn} e_{nj} \quad (\text{III-28})$$

#### IV - DESENVOLVIMENTO COMPUTACIONAL

O programa foi escrito em FORTRAN IV, possibilitando sua implementação em outros computadores. Utilizou-se o computador B-6700 do NCE/UFRJ, que conta com 2.4 Mbytes de memória central e trabalha com um sistema de memória virtual e tempo compartilhado.

Desenvolveu-se uma linguagem orientada, que permite a entrada de dados em formato livre, além de contar com vários recursos para facilitar a definição do problema.

Apresenta-se a seguir as principais rotinas do programa. No Apêndice C tem-se a listagem completa do programa e no Apêndice D tem-se o manual de utilização do mesmo.

##### IV.1 - Programa Principal

A função do programa principal é coordenar o fluxo do programa, que é determinado pelos comandos. As rotinas acessadas diretamente pelo programa principal são as rotinas de entrada de dados (LTITU, LCOOR, LCONE, LCONS, LREST, LDPRE, LTCAR, LFORC, LTEMP, LGRAD, LORIG, LROTA), a rotina de análise (ANALI), a rotina de impressão (IMPRI) e algumas rotinas auxiliares (FINAL, SOMAR, ATRIB).

##### IV.2 - Rotinas de Entrada de Dados

LTITU - Leitura do título do trabalho e inicializações.

LCOOR - Leitura de coordenadas nodais, que podem ser dadas em três tipos de sistemas de coordenadas: cartesianas, cilíndricas e esféricas. Tem-se também a possibilidade de gerar automaticamente pontos em retas e curvas.

LCONE - Leitura de conectividade de elementos. Pode-se ter conectividade simples ou conectividade múltipla.

LCONS - Leitura de constantes: módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson, coeficiente de dilatação linear, peso específico e os números de pontos de integração, para o interior e para o contorno.

LREST - Leitura de restrições nodais.

LDPRE - Leitura de deslocamentos prescritos.

LTCAR - Leitura de título e número de carregamento.

LFORC - Leitura de forças de superfície, que podem ser nodais ou de elementos. No caso de forças de superfície nodais, pode-se atribuir ou adicionar os valores nodais para listas de elementos através de duas rotinas auxiliares (ATRIB e SOMAR). As forças de superfície podem ser fornecidas em qualquer sistema de coordenadas cartesianas.

LTEMP - Leitura de temperaturas nodais.

LGRAD - Leitura de gradientes de temperatura dos elementos.

LORIG - Leitura de origem de sistema de coordenadas cartesianas.

LROTA - Leitura de ângulos de rotação de sistema de coordenadas cartesianas.

#### IV.3 - Rotinas de análise

As rotinas de análise são controladas pela rotina ANALI, que tem duas opções:

- Análise completa (interior e contorno).
- Análise do interior (a partir de dados completos do contorno).

As rotinas de análise são:

CONSI - Consistência dos dados de entrada. Verifica-se se existem pontos do contorno definidos, se existem elementos definidos, se foram dadas todas as coordenadas nodais, se todos os pontos do contorno pertencem a pelo menos um elemento, se foi dada a conectividade de todos os elementos e se foram dadas restrições nodais suficientes para impedir movimentos de corpo rígido.

- CCONS - Cálculo de constantes. Calcula-se todas as constantes relacionadas no capítulo A, que são utilizadas no cálculo das integrais sobre os elementos. São determinados também os pontos de integração e os pesos para o esquema de integração numérica escolhido.
- CNJTL - Cálculo da normal e do jacobiano dos elementos triangulares. Também faz-se uma verificação para determinar se existe algum elemento com área nula.
- INCOG - Determinação da incógnita. Determina-se quais deslocamentos e quais forças de superfície são incógnitos.
- MSIST - Montagem do sistema de equações. A matriz do sistema fica armazenada na memória central, exceto no caso em que ultrapassa uma determinada dimensão, quando utiliza-se memória auxiliar em disco. O vetor dos termos independentes fica sempre armazenado na memória central.
- GAUSS - Resolução do sistema de equações pelo método de triangularização de Gauss. No caso de utilização de memória auxiliar, o sistema é resolvido por blocos. Procurou-se minimizar ao máximo os tempos de I/O.
- CTCON - Cálculo das tensões no contorno. Calcula-se as tensões nos pontos nodais dos elementos e as tensões nodais médias. Obtém-se as tensões principais e os cossenos diretores das direções principais.
- CTDIN - Cálculo das tensões e deslocamentos no interior.

#### IV.4 - Rotinas de impressão

As rotinas de impressão são controladas pela rotina IMPRI e estão relacionadas a seguir:

- ICoor - Impressão das coordenadas nodais.
- ICONE - Impressão da conectividade dos elementos.

ICONS - Impressão de constantes.

IREST - Impressão de restrições nodais.

IDESL - Impressão de deslocamentos.

IFORC - Impressão de forças de superfície.

ITEMP - Impressão de temperaturas.

IGRAD - Impressão de gradientes de temperatura.

ITENS - Impressão de tensões.

#### IV.5 - Rotinas Auxiliares

Relaciona-se apenas as principais rotinas ou sejam:

ERRO - Impressão de mensagens de erro.

ATRIB - Atribuição de forças de superfície nodais a elementos.

AUTOV - Cálculo dos autovalores e autovetores de matrizes simé  
tricas.

CTPRI - Cálculo das tensões principais e dos cossenos diretores  
das direções principais.

FINAL - Finalização do programa e impressão da estatística.

GER12 - Geração dos pontos de integração e dos pesos da fórmula  
de quadratura gaussiana para 3, 6, 7 e 12 pontos de in  
tegração.

INICI - Inicializações.

LISTI - Leitura de listas de nós ou elementos.

LIST2 - Leitura de listas de nós ou elementos.

MDESL - Montagem do vetor de deslocamentos resultantes.

MFORC - Montagem do vetor de forças de superfície resultantes.

## V - RESULTADOS E COMPARAÇÕES

Analisa-se dois exemplos básicos: o cubo unitário e o cilindro ôco de paredes espessas. Várias características do método podem ser observadas a partir desses exemplos, como ver-se-á a seguir.

### V.1 - Cubo Unitário

Submete-se o cubo a dois tipos de carregamentos: força unitária na direção  $x$  (estado de tensão constante) e a um campo de temperatura uniforme unitária. As faces contidas nos planos formados pelos eixos de referência, têm os deslocamentos impedidos, na direção perpendicular às mesmas. Discretiza-se o cubo por meio de três malhas com 12, 24 e 48 elementos, com respectivamente 8, 14 e 26 nós (ver fig. V.1).

Realizam-se testes para determinar o esquema de integração mais adequado, para obtenção dos resultados, no contorno e no interior.

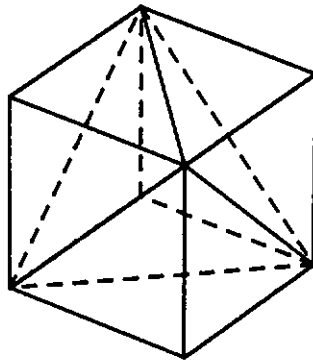
Comparam-se os resultados obtidos entre as diversas malhas e com o resultado analítico.

Estuda-se o comportamento de pontos do interior com relação a distância ao contorno.

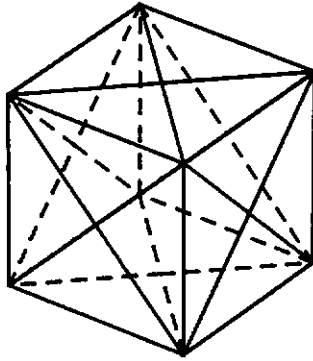
#### V.1.1 - Escolha do Esquema de Integração

Na tabela V.1 apresentam-se os resultados obtidos com a malha de 12 elementos, com diversos esquemas de integração, para obtenção dos resultados no contorno (para pontos do interior foram utilizados 12 pontos de integração):

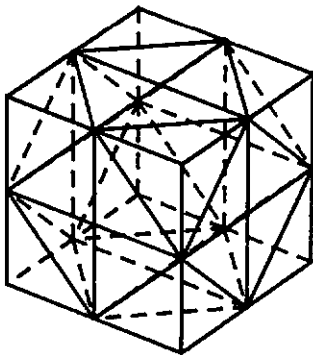
- esquema 1 : 7 pontos em todos os elementos
- esquema 2 : 12 pontos em todos os elementos
- esquema 3 : 64 pontos para os elementos que contêm o ponto de aplicação da carga concentrada unitária e 12 pontos para os outros elementos.
- esquema 4 : integração exata para os elementos que contêm o ponto de aplicação da carga concentrada unitária e 12 pontos para os outros elementos.



8 nós  
12 elementos



14 nós  
24 elementos



26 nós  
48 elementos

FIGURA V.1 - Malhas do cubo unitário.



TABELA V.1 - Resultados obtidos com a malha de 12 elementos do cubo unitário sob a ação de uma força unitária, para diversos esquemas de integração

Função	Esquema de integração			
	1	2	3	4
Deslocamento máximo				
Direção x	0,9136 ± 0,0423	0,9488 ± 0,0255	0,9760 ± 0,0041	1,0000 ± 0,0001
Deslocamento do ponto central (interior)				
Direção x	0,4441	0,4657	0,4843	0,4972
Força de superfície reagente				
Direção x	-0,9555 ± 0,1547	-0,9759 ± 0,0835	-0,9963 ± 0,0128	-0,9999 ± 0,0002
Tensão do ponto central (interior)				
Direção x	0,8799	0,8961	0,9102	0,9209
Tempo de processador para a montagem do sistema de equações	7 s	9 s	22 s	6 s

Os resultados do contorno apresentados na tabela V.1 representam a média de quatro pontos (vértices do cubo), que têm o mesmo resultado analítico. Por esse motivo estão também tabelados os respectivos desvios padrões (após os sinais de  $\pm$ ).

Pode-se observar que os resultados melhoram sensivelmente com o aumento do número de pontos de integração, sendo que para o caso da integração exata, os resultados são excelentes, e com o menor tempo de processador para a montagem do sistema de equações. Nota-se que o desvio padrão diminui a medida que os resultados melhoram, significando que os resultados de todos os pontos melhoram.

Naturalmente o esquema da integração mais adequado é o esquema 4, pois apresenta os melhores resultados com o menor tempo de processamento.

#### V.1.2 - Comparações dos Resultados Obtidos pelas Diferentes Malhas

Os resultados obtidos para o cubo sob a ação da força unitária, são apresentados na tabela V.2 e os resultados referentes a ação de um campo de temperatura uniforme unitária estão na tabela V.3. Utilizou-se 12 pontos de integração para obtenção de valores do interior, com exceção dos valores assinalados por asterisco, que foram obtidos utilizando-se 64 pontos de integração.

Observa-se que os resultados obtidos no contorno são excelentes para as três malhas. Os resultados do interior melhoram quando refina-se a malha e quando aumenta-se o número de pontos de integração, devido a uma melhor avaliação das integrais sobre os elementos.

Os valores do contorno representam a média dos valores de quatro pontos, da mesma maneira que os valores da tabela V.1. No entanto, deve-se dizer que os desvios padrões, para os valores apresentados nas tabelas V.2 e V.3, não ultrapassaram o valor de 0,00001. Assim todos os pontos apresentaram bons resultados.

Na tabela V.4 apresenta-se os tempos de processador e I/O para as diversas etapas de processamento para obtenção dos resultados da tabela V.2. Nota-se que a maior parte do tempo de processador é gasto na montagem da matriz do sistema de equações, devido a necessidade de calcular-se as integrais sobre os elementos. Verifica-se também que um tempo considerável é necessário para obtenção de resultados do interior, já que para cada ponto deve-se integrar sobre todos os elementos do contorno.

TABELA V.2 - Resultados para o cubo unitário sob a ação de uma força unitária na direção x

Função	malhas			
	Valor exato	12 elementos	24 elementos	48 elementos
Deslocamentos máximos				
Direção x	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Direção y	-0,3000	-0,3000	-0,3000	-0,3000
Direção z	-0,3000	-0,3000	-0,3000	-0,3000
Deslocamento do ponto central (interior)				
Direção x	0,5000	0,4972 0,5000*	0,5000	0,5000
Direção y	-0,1500	-0,1492 -1,5000*	-0,1500	-0,1500
Direção z	-0,1500	-0,1492 -0,1500*	-0,1500	-0,1500
Força de superfície reagente				
Direção x	-1,0000	-0,9999	-1,0000	-1,0000
Tensão do ponto central (interior)				
	1,0000	0,9209 0,9994*	0,9979	1,0001

TABELA V.3 - Resultados para o cubo unitário sob a ação de um campo de temperatura uniforme unitária

Função	malhas			
	Valor	12	24	48
	exato	elementos	elementos	elementos
Deslocamentos máximos				
Direção x	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Direção y	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Direção z	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Deslocamentos do ponto central (interior)				
Direção x	0,5000	0,4972	0,5000	0,5000
Direção y	0,5000	0,4972	0,5000	0,5000
Direção z	0,5000	0,4972	0,5000	0,5000

TABELA V.4 - Tempos de processamento (processador/IO em segundos) para as diversas malhas do cubo unitário

Etapas de processamento	malhas		
	12 elementos	24 elementos	48 elementos
Consistência	0,02/0,00	0,03/0,00	0,06/0,00
Cálculo de Constantes	0,04/0,00	0,09/0,00	0,19/0,02
Montagem do sistema de equações	6,20/0,00	25,57/0,00	103,32/0,00
Solução do sistema de equações	0,55/0,00	2,58/0,00	16,06/0,00
Montagem do vetor de deslocamentos	0,34/0,30	0,34/0,41	0,40/0,50
Montagem do vetor de forças de superfície	0,36/0,30	0,40/0,43	0,62/0,65
Cálculo das tensões no contorno	1,30/0,78	2,64/1,02	3,34/1,45
Cálculo das incógnitas no interior(1 ponto)	1,79/0,78	2,79/0,76	4,73/0,81
Total de análise	10,63/2,16	34,47/2,63	128,77/3,43
Entrada e saída de dados	3,77/1,45	4,28/1,48	4,43/1,36
Total geral	14,40/3,61	38,75/4,11	133,19/4,79

### V.1.3 - Comportamento de Pontos do Interior

Analisa-se os resultados obtidos para diversos pontos do interior do cubo unitário discretizado pelas malhas de 12 e 24 elementos, utilizando-se 12 e 64 pontos de integração (ver tabela V.5). Os valores do contorno (forças de superfície e deslocamentos) foram fornecidos como dados de entrada. Adotou-se o valor nulo para o coeficiente de Poisson.

Os pontos analisados, em número de 11, estão distribuídos uniformemente ao longo de um segmento de reta paralelo ao eixo  $x$ , que passa pelo centro do cubo. Os pontos 1 e 11 pertencem ao contorno, conforme pode-se ver na figura V.2.

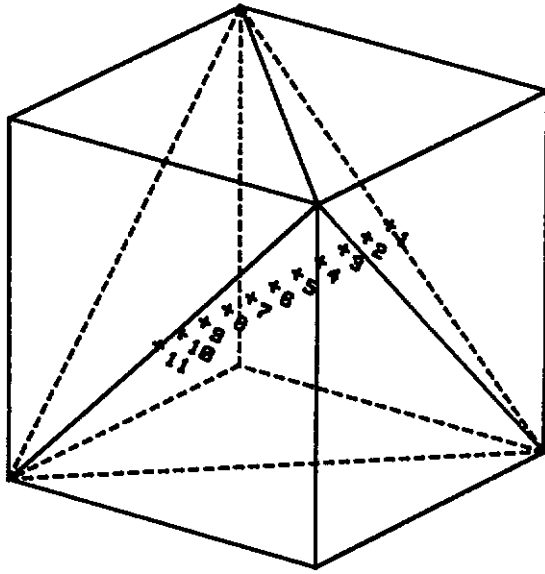


FIGURA V.2 - Pontos do interior do cubo unitário

TABELA V.5 - Resultados para pontos do interior do cubo unitário, sob a ação de uma força unitária na direção x

Ponto	Valor exato	12 elementos 12 pontos de integração	24 elementos 12 pontos de integração	12 elementos 64 pontos de integração	24 elementos 64 pontos de integração
Deslocamentos na direção x					
1	0,0000	0,0716	0,0066	0,0334	0,0020
2	0,1000	0,1305	0,0979	0,1049	0,1000
3	0,2000	0,2094	0,2002	0,2005	0,2000
4	0,3000	0,3021	0,3001	0,3000	0,3000
5	0,4000	0,4003	0,4000	0,4000	0,4000
6	0,5000	0,4972	0,5000	0,5000	0,5000
7	0,6000	0,5865	0,5997	0,5999	0,6000
8	0,7000	0,6553	0,6986	0,6988	0,7000
9	0,8000	0,6658	0,8010	0,7879	0,8000
10	0,9000	0,5678	0,9659	0,7876	0,8992
11	1,0000	0,4291	0,4934	0,4666	0,4980
Tensões na direção x					
1	1,0000	0,4961	0,5001	0,5000	0,5000
2	1,0000	0,6905	1,0637	0,8925	0,9992
3	1,0000	0,8733	1,0010	0,9883	1,0000
4	1,0000	0,9669	0,9991	0,9988	1,0000
5	1,0000	0,9858	1,0001	1,0000	1,0000
6	1,0000	0,9429	0,9985	0,9996	1,0000
7	1,0000	0,8249	0,9940	0,9971	1,0000
8	1,0000	0,4920	0,9860	0,9728	1,0000
9	1,0000	-0,3989	1,1418	0,7181	1,0008
10	1,0000	-1,4206	2,0817	-1,3068	0,9345
11	1,0000	-1,3166	-9,1951	-3,6690	-32,5120
Tempos de processamento (processador/IO em segundos) para o cálculo das incógnitas no interior		13,62/1,10	24,94/0,87	61,35/0,95	111,52/1,00

Observando-se os resultados apresentados na tabela V.5, conclui-se que a distância de pontos do interior ao contorno, influi no cálculo das incógnitas nesses pontos. A imprecisão dos valores é devida a problemas de integração, pois a medida que o ponto considerado se aproxima do contorno, algumas funções a serem integradas tornam-se singulares, exigindo assim, um esquema de integração mais eficiente.

Quando refina-se a malha ou aumenta-se o número de pontos da integração, consegue-se melhores resultados, acarretando porém, um grande aumento no tempo de processamento. Para obter-se melhores resultados, com uma certa economia, é interessante deseenvolver-se um esquema de integração numérica, que leve em conta a distância do ponto de aplicação da carga unitária ao elemento onde se efetuará a integração.

Deve-se notar que os valores de deslocamento do ponto 11 e de tensões dos pontos 1 e 11 convergem para um valor diferente do resultado correto. Esperava-se tal comportamento, já que a fórmula utilizada só é válida para pontos do interior, e os pontos 1 e 11 pertencem ao contorno.



## V.2 - Cilindro Oco de Paredes Espessas

Submete-se um cilindro oco de paredes espessas a dois tipos de carregamentos: pressão interna uniforme radial e gradiente de temperatura. Devido a simetria, discretiza-se somente um quarto do cilindro por meio de quatro malhas diferentes, com 20, 28, 58 e 90 nós e respectivamente 36, 52, 112 e 176 elementos (ver figura V.3). Com o objetivo de simular-se um estado plano de deformações e atender-se às condições de simetria, impedem-se os deslocamentos circunferenciais nas faces contidas nos planos de simetria e os deslocamentos longitudinais nas faces de topo.

Realiza-se um teste de convergência com o cilindro sob a ação da pressão interna uniforme radial. Numa primeira série de resultados utiliza-se o esquema 4 de integração, e numa segunda série, utiliza-se o esquema 2 (ver item V.1.1.).

Apresentam-se os resultados obtidos para o caso do cilindro submetido a um gradiente de temperatura, para as malhas de 28 e 58 nós.

Comparam-se os resultados obtidos pela malha de 28 nós com os resultados obtidos por três malhas de elementos finitos de 28, 42 e 70 nós, com respectivamente 6, 12 e 24 elementos (ver figura V.4.).

### V.2.1 - Resultados Analíticos

Como tem-se um caso de estado plano de deformações, a solução analítica pode ser obtida do caso do anel circular.

#### V.2.1.1 - Pressão Interna Uniforme Radial

Sendo:

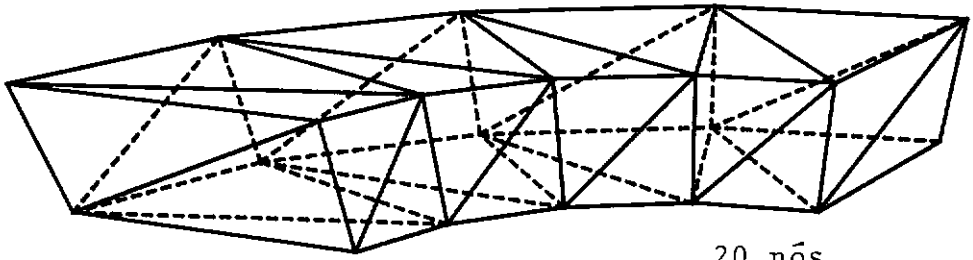
$a$  = raio interno do cilindro

$b$  = raio externo do cilindro

$r$  = raio qualquer

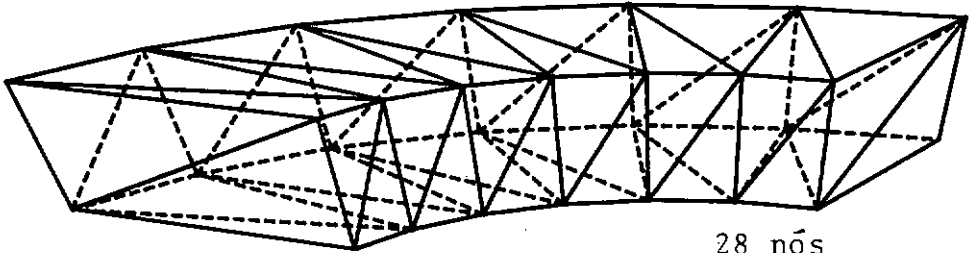
$p$  = pressão interna

$c = b^2 - a^2$



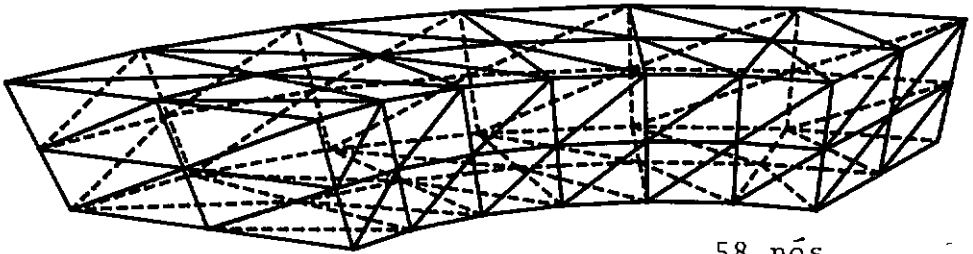
20 nós

36 elementos



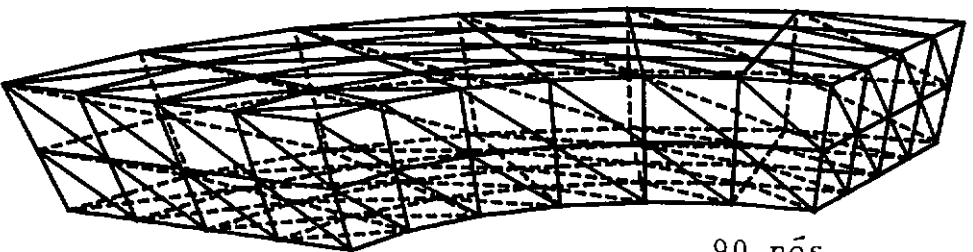
28 nós

52 elementos



58 nós

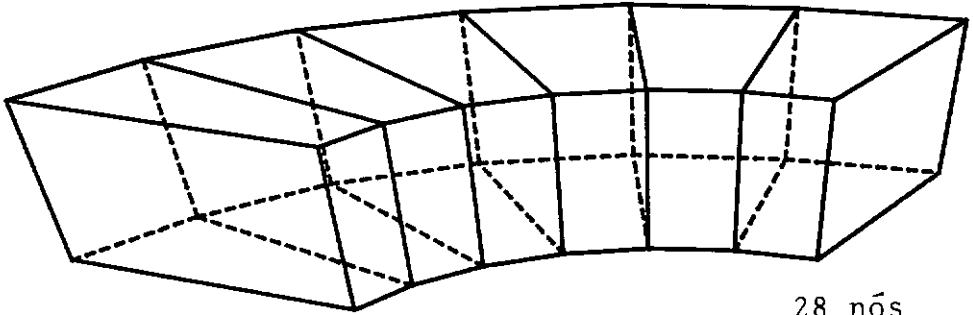
112 elementos



90 nós

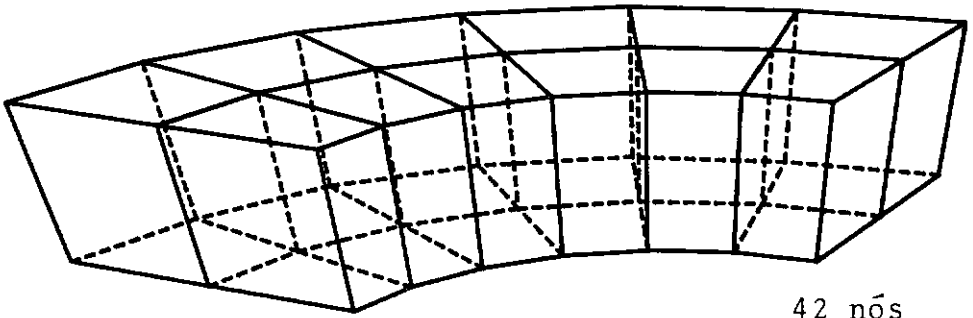
176 elementos

FIGURA V.3 - Malhas de elementos de contorno para o cilindro



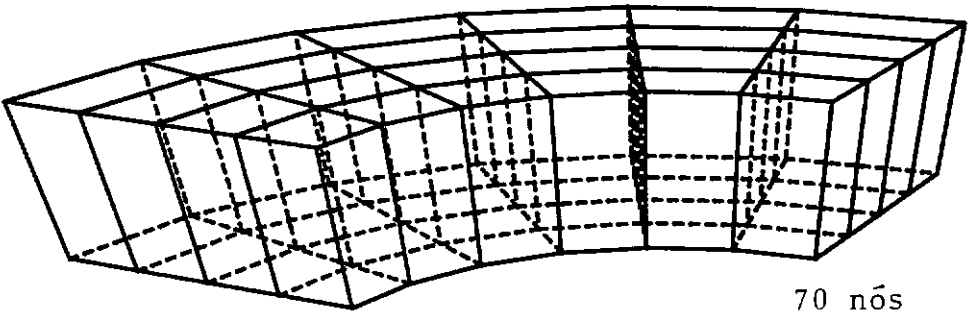
28 nós

6 elementos



42 nós

12 elementos



70 nós

24 elementos

FIGURA V.4 - Malhas de elementos finitos para o cilindro

Então, segundo a referência [3], tem-se:

Deslocamento radial:

$$u_r = \frac{1 + \nu}{E c} a^2 p (b^2 / r + (1 - 2 \nu) r) \quad (V-1)$$

Tensão radial:

$$\sigma_r = a^2 p (1 - b^2 / r^2) / c \quad (V-2)$$

Tensão circunferencial:

$$\sigma_c = a^2 p (1 + b^2 / r^2) / c \quad (V-3)$$

Tensão longitudinal:

$$\sigma_z = \nu (\sigma_r + \sigma_c) \quad (V-4)$$

#### V.2.1.2 - Gradiente de Temperatura

Estuda-se o caso em que tem-se uma temperatura interna  $\theta_i$  e uma temperatura externa  $\theta_e$ , sem fontes de calor interna. A função de temperatura é dada por (no regime permanente):

$$\theta = \theta_i \ln (b / r) / \ln (b / a) \quad (V-5)$$

O diferencial da temperatura em relação ao raio é dado por:

$$\frac{\partial \theta}{\partial r} = - \theta_i / (r \ln (b / a)) \quad (V-6)$$

Então, tem-se para o gradiente de temperatura na superfície interna:

$$\frac{\partial \theta}{\partial n} = \theta_i / (a \ln (b / a)) \quad (V-7)$$

E na superfície externa:

$$\frac{\partial \theta}{\partial n} = - \theta_i / (b \ln (b / a)) \quad (V-8)$$

Para esse caso, segundo a referência [45], tem-se:

Tensão radial:

$$\sigma_r = -K (\ln (b / r) + a^2 (1 - b^2 / r^2) \ln (b / a) / c) \quad (V-9)$$

Tensão circunferencial:

$$\sigma_c = K (1 - \ln (b / r) - a^2 (1 + b^2 / r^2) \ln (b / a) / c) \quad (V-10)$$

Sendo:

$$K = \alpha E \theta_i / (2 (1 - \nu) \ln (b / a))$$

$$c = b^2 - a^2$$

Tensão longitudinal:

$$\sigma_z = \nu (\sigma_r + \sigma_c) - \alpha E \theta \quad (V-11)$$

Deslocamento radial:

$$u_r = r \left( \frac{1 - \nu^2}{E} \right) \left( \sigma_c - \frac{\nu}{1 - \nu} \sigma_r \right) + (1 + \nu) \alpha \theta \quad (V-12)$$

## V.2.2 - Dados Numéricos

### V.2.2.1 - Dados Geométricos

$a = 10$  cm (raio interno)

$b = 20$  cm (raio externo)

$h = 10$  cm (altura)

### V.2.2.2 - Constantes Físicas

Para o caso da pressão interna utilizou-se:

$$E = 200\,000 \text{ N/cm}^2 \text{ (módulo de elasticidade)}$$

$$\nu = 0,3 \text{ (coeficiente de Poisson)}$$

E no caso do gradiente de temperatura:

$$E = 21\,000 \text{ N/cm}^2 \text{ (módulo de elasticidade)}$$

$$\nu = 0,3 \text{ (coeficiente de Poisson)}$$

$$\alpha = 0,0001 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \text{ (coeficiente de dilatação linear)}$$

#### V.2.2.3 - Dados de Carga

No caso da pressão interna:

$$p = 20 \text{ N/cm}^2$$

E no caso do gradiente de temperatura:

$$\theta_{10} = \theta_i = 100 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (temperatura interna) (r = 10 cm)}$$

$$\theta_{12,5} = 67,80719052 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (temperatura para r = 12,5 cm)}$$

$$\theta_{15} = 41,50374990 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (temperatura para r = 15 cm)}$$

$$\theta_{17,5} = 19,26450782 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (temperatura para r = 17,5 cm)}$$

$$\theta_{20} = \theta_e = 0 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (temperatura externa) (r = 20 cm)}$$

$$\left. \frac{\partial \theta}{\partial n} \right|_i = 14,42695041 \text{ }^{\circ}\text{C/cm} \text{ (gradiente de temperatura na superfície interna)}$$

$$\left. \frac{\partial \theta}{\partial n} \right|_e = -7,213475205 \text{ }^{\circ}\text{C/cm} \text{ (gradiente de temperatura na superfície externa)}$$

#### V.2.3 - Teste de Convergência

Nas tabelas V.6, V.7, V.8 e V.9 apresentam-se os resultados obtidos para as diversas malhas, utilizando-se o esquema 4 de integração. Nas tabelas V.10, V.11, V.12 e V.13, utiliza-se o esquema 2.

TABELA V.6 - Deslocamentos radiais ( $10^{-3}$  cm) para o cilindro sob a ação da pressão interna uniforme radial - esquema 4 de integração

r	Valor exato	malhas			
		20 nós	28 nós	58 nós	90 nós
10	1,907	1,856±0,026	1,906±0,024	1,869±0,017	1,869±0,023
12,5	1,603	1,542*	1,576*	1,558*	1,553* 1,564±0,023
15	1,416	1,393*	1,423*	1,376* 1,385±0,015	1,371* 1,381±0,023
17,5	1,294	1,252*	1,295*	1,256*	1,252* 1,263±0,023
20	1,213	1,199±0,033	1,235±0,034	1,191±0,014	1,190±0,022

\* Valores do interior

TABELA V.7 - Tensões radiais ( $\text{N/cm}^2$ ) para o cilindro sob a ação da pressão interna uniforme radial - esquema 4 de integração

r	Valor exato	malhas			
		20 nós	28 nós	58 nós	90 nós
10	-20,00	-8,35±2,96	-8,95±2,59	-12,13±1,60	-15,19±1,32
12,5	-10,40	-3,99*	-4,51*	- 9,93*	- 9,97* -11,26±1,12
15	- 5,19	-4,15*	-4,36*	- 4,97* - 6,79±1,36	- 5,02* - 5,32±0,58
17,5	- 2,04	-12,10*	-6,16*	- 2,04*	- 2,04* - 1,81±0,42
20	0,00	- 5,62±0,57	-5,78±0,44	- 1,72±0,18	- 0,45±0,13

\* Valores do interior



TABELA V.8 - Tensões circunferenciais ( $\text{N/cm}^2$ ) para o cilindro sob a ação da pressão interna uniforme radial - esquema 4 de integração

r	Valor exato	malhas			
		20 nós	28 nós	58 nós	90 nós
10	33,33	29,45±3,49	29,03±2,95	30,84±3,58	32,01±3,33
12,5	23,73	24,13*	25,47*	23,49*	23,15* 22,87±1,46
15	18,52	18,25*	18,91*	18,16* 18,46±2,06	18,00* 18,03±0,84
17,5	15,37	18,43*	15,37*	14,93*	14,87* 15,10±0,38
20	13,33	13,25±2,79	14,10±2,63	13,20±0,62	12,87±0,17

\* Valores do interior

TABELA V.9 - Tensões longitudinais ( $N/cm^2$ ) para o cilindro sob a ação da pressão interna uniforme radial - esquema 4 de integração

r	Valor exato	malhas			
		20 nós	28 nós	58 nós	90 nós
10	4,00	4,30±1,35	4,09±1,03	4,88±0,98	4,58±0,85
12,5	4,00	0,72*	1,19*	4,01*	3,83* 3,64±0,46
15	4,00	2,88*	2,86*	3,88* 3,55±0,57	3,89* 3,80±0,20
17,5	4,00	5,88*	5,34*	3,81*	3,82* 3,89±0,16
20	4,00	1,51±0,38	1,81±0,24	3,49±0,10	3,74±0,08

\* Valores do interior

Os resultados do contorno apresentados nas tabelas representam as médias de quatro valores, de pontos situados nos planos de simetria, que têm o mesmo resultado analítico. Por isso apresentam-se também os correspondentes desvios padrões. Os valores das tensões são valores nodais, obtidos pela média aritmética dos valores das tensões nos elementos concorrentes num determinado nó. Lembra-se que os valores das tensões nos elementos são obtidos a partir das forças de superfície e das deformações no elemento conforme a equação (II-56).

Da primeira série de resultados, onde utiliza-se o esquema 4 de integração, observa-se um fato interessante: os melhores resultados para deslocamentos foram obtidos com a malha de 28 nós. Portanto não obteve-se convergência para os deslocamentos. Por outro lado as tensões convergiram razoavelmente. Dois motivos podem explicar esse fato: a utilização de um elemento misto (têm-se como incógnitas, deslocamentos e forças de superfície) e problemas de integração.

Quando utiliza-se elementos mistos, naturalmente surgem problemas de convergência. Deve-se levar em conta todos os resultados e não somente os resultados isolados, de deslocamentos e de tensões.

As parcelas mais significativas dos coeficientes da matriz do sistema são fornecidas pelos elementos situados ao redor do ponto de aplicação da carga concentrada unitária. Quando integra-se analiticamente sobre esses elementos, pode-se obter, em certos casos, valores mais exatos para os coeficientes no caso de malhas grosseiras, já que a área de integração analítica torna-se maior. Pode-se notar esse efeito particularmente no caso dos deslocamentos, pois seus coeficientes são formados a partir do tensor de forças de superfície que é o que apresenta maior singularidade ao redor do ponto de aplicação da carga concentrada unitária (ver fig. III.2).

Para comprovar-se o que foi exposto, basta observar-se os resultados obtidos com o esquema de integração 2 (somente integração numérica com 12 pontos), apresentados nas tabelas V.10 a V.13. Nota-se que agora os deslocamentos e as tensões convergem. Com

parando-se os valores dos desvios padrões, constata-se que os mesmos diminuem a medida que refina-se a malha, significando que os resultados, além de melhorarem, uniformizam-se.

Os tempos de processamento para as diversas malhas e esquemas de integração são apresentados nas tabelas V.14 e V.15. Nota-se que os tempos de processamento aumentam rapidamente quando refina-se a malha (o tempo total para o caso da malha de 90 nós é praticamente proibitivo; 1 hora e 10 minutos). Outro fato importante a ser notado é que, ainda para o caso da malha de 90 nós, o tempo de processamento gasto para a solução do sistema é maior que o tempo gasto na montagem da matriz do sistema de equações.

TABELA V.10 - Deslocamentos radiais ( $10^{-3}$  cm) para o cilindro sob a ação da pressão interna uniforme radial - esquema 2 de integração

r	Valor exato	malhas			
		20 nós	28 nós	58 nós	90 nós
10	1,907	1,751±0,039	1,815±0,023	1,835±0,019	1,839±0,017
12,5	1,603	1,438*	1,493*	1,524*	1,526* 1,543±0,015
15	1,416	1,290*	1,340*	1,343* 1,361±0,020	1,345* 1,362±0,015
17,5	1,294	1,154*	1,214*	1,225*	1,227* 1,244±0,015
20	1,213	1,139±0,044	1,180±0,028	1,169±0,019	1,173±0,015

\* Valores do interior

TABELA V.11 - Tensões radiais ( $\text{N/cm}^2$ ) para o cilindro sob a ação da pressão interna uniforme radial - esquema 2 de integração

r	Valor exato	malhas			
		20 nós	28 nós	58 nós	90 nós
10	-20,00	-7,64±2,47	-8,45±2,47	-11,94±1,56	-14,51±0,96
12,5	-10,40	-4,19*	-4,69*	- 9,86*	- 9,90* -11,10±0,89
15	- 5,19	-4,09*	-4,33*	- 4,94* - 6,78±1,27	- 4,98* - 5,38±0,58
17,5	- 2,04	-11,21*	-5,86*	- 2,03*	- 2,03* - 1,83±0,46
20	0,00	-5,35±0,61	-5,65±0,60	- 1,76±0,21	- 0,51±0,16

\* Valores do interior

TABELA V.12 - Tensões circunferenciais ( $N/cm^2$ ) para o cilindro sob a ação da pressão interna uniforme radial - esquema 2 de integração

r	Valor exato	malhas			
		20 nós	28 nós	58 nós	90 nós
10	33,33	28,06±4,51	27,43±3,56	30,03±2,82	31,77±2,58
12,5	23,73	23,30*	24,75*	23,24*	22,94* 22,22±1,38
15	18,52	17,40*	18,26*	17,92* 17,83±1,81	17,81* 17,62±0,80
17,5	15,37	17,20*	14,73*	14,70*	14,69* 14,86±0,37
20	13,33	12,25±2,32	13,04±2,35	12,79±0,55	12,45±0,22

\* Valores do interior

TABELA V.13 - Tensões longitudinais ( $\text{N/cm}^2$ ) para o cilindro sob a ação da pressão interna uniforme radial - esquema 2 de integração

r	Valor exato	malhas			
		20 nós	28 nós	58 nós	90 nós
10	4,00	4,54±1,24	4,21±1,14	4,82±0,52	4,84±0,41
12,5	4,00	1,61*	1,92*	4,09*	3,85* 3,46±0,40
15	4,00	3,31*	3,24*	3,95* 3,49±0,50	3,89* 3,73±0,22
17,5	4,00	5,81*	5,33*	3,83*	3,81* 3,88±0,22
20	4,00	1,60±0,26	1,84±0,24	3,44±0,08	3,70±0,14

\* Valores do interior



TABELA V.14 - Tempos de processamento (processador/IO em segundos) para as diversas malhas do cilindro - esquema 4 de integração

Etapas de processamento	malhas			
	20 nós	28 nós	58 nós	90 nós
Consistência	0,1/0,0	0,1/0,0	0,2/0,0	0,2/0,0
Cálculo de Constantes	0,2/0,0	0,3/0,0	1,3/0,0	1,8/0,0
Montagem do sistema de equações	69,4/0,0	129,3/0,0	582,9/0,4	1500,8/1,3
Solução do sistema de equações	7,8/0,0	20,1/0,0	487,8/39,2	2668,4/304,2
Montagem do vetor de deslocamentos	0,4/1,5	0,4/0,4	0,4/0,5	0,8/0,6
Montagem do vetor de forças de superfície	0,6/0,8	0,6/0,7	0,9/0,9	1,4/1,3
Cálculo das tensões no contorno	3,9/1,4	5,5/1,5	10,6/2,2	17,9/2,9
Cálculo das incógnitas no interior (3 pontos)	10,4/0,6	15,2/0,6	29,1/0,5	47,6/0,6
Total de análise	92,8/4,3	171,5/3,2	1113,2/43,7	4238,9/310,9
Entrada e saída de dados	5,7/2,0	7,7/1,6	7,4/1,9	10,1/2,8
Total geral	98,5/6,3	179,2/4,8	1120,6/45,6	4249,0/313,7

TABELA V.15 - Tempos de processamento (processador/IO em segundos) para as diversas malhas de cilindro - esquema 2 de integração

Etapas de processamento	malhas			
	20 nós	28 nós	58 nós	90 nós
Consistência	0,1/0,0	0,1/0,0	0,2/0,0	0,2/0,0
Cálculo de Constantes	0,2/0,0	0,3/0,0	1,6/0,0	1,9/0,0
Montagem do sistema de equações	78,0/0,0	135,7/0,0	636,2/0,7	1466,4/1,2
Solução do sistema de equações	7,7/0,0	20,1/0,0	519,0/38,8	2612,7/289,8
Montagem do vetor de deslocamentos	0,4/0,6	0,4/0,5	0,4/0,4	0,7/0,7
Montagem do vetor de forças de superfície	0,7/0,7	0,6/0,5	0,9/0,9	1,4/1,0
Cálculo das tensões no contorno	3,6/1,5	5,6/1,3	11,1/2,2	16,5/2,8
Cálculo das incógnitas no interior (3 pontos)	17,1/1,1	15,7/0,6	31,6/0,5	46,5/0,5
Total de análise	107,8/3,9	178,5/2,9	1201,0/43,5	4146,3/296,0
Entrada e saída de dados	5,2/2,0	5,9/1,8	7,5/1,9	10,0/2,5
Total geral	113,0/5,9	184,4/4,7	1208,5/45,4	4156,3/298,5

#### V.2.4 - Resultados Numéricos para o Caso do Gradiente de Temperatura

Nas tabelas V.16 a V.19 e também nas figuras V.7 a V.10, apresenta-se os resultados para as malhas de 28 e 58 nós, do cilindro sob o efeito do gradiente de temperatura.

Valem as observações feitas para o caso da pressão interna uniforme radial quanto aos resultados do contorno e quanto aos resultados das tensões. Utiliza-se o esquema 4 de integração.

Nesse caso pode-se verificar que obtém-se melhores resultados, tanto para os deslocamentos quanto para as tensões, com o refinamento da malha. Verifica-se também que os resultados tornam-se mais uniformes, particularmente para o caso dos deslocamentos. Explica-se tal ocorrência pelo fato que quando refina-se a malha, obtém-se uma melhor representação do efeito do gradiente de temperatura, conforme pode-se ver nas figuras V.5 e V.6. No caso da pressão uniforme radial, todas as malhas tinham uma razoável representação do carregamento.

Os únicos resultados que estão muito afastados do valor esperados são os correspondentes às tensões radiais nas superfícies interna e externa do cilindro, conforme pode-se verificar na tabela V.17 e também na figura V.8.

Uma característica importante do método consiste no fato que obtém-se sempre bons valores para pontos do interior. Pois a relação pela qual são obtidos é exata, sendo os erros introduzidos pelo esquema de integração e pelos valores de deslocamentos e forças de superfície, do contorno.

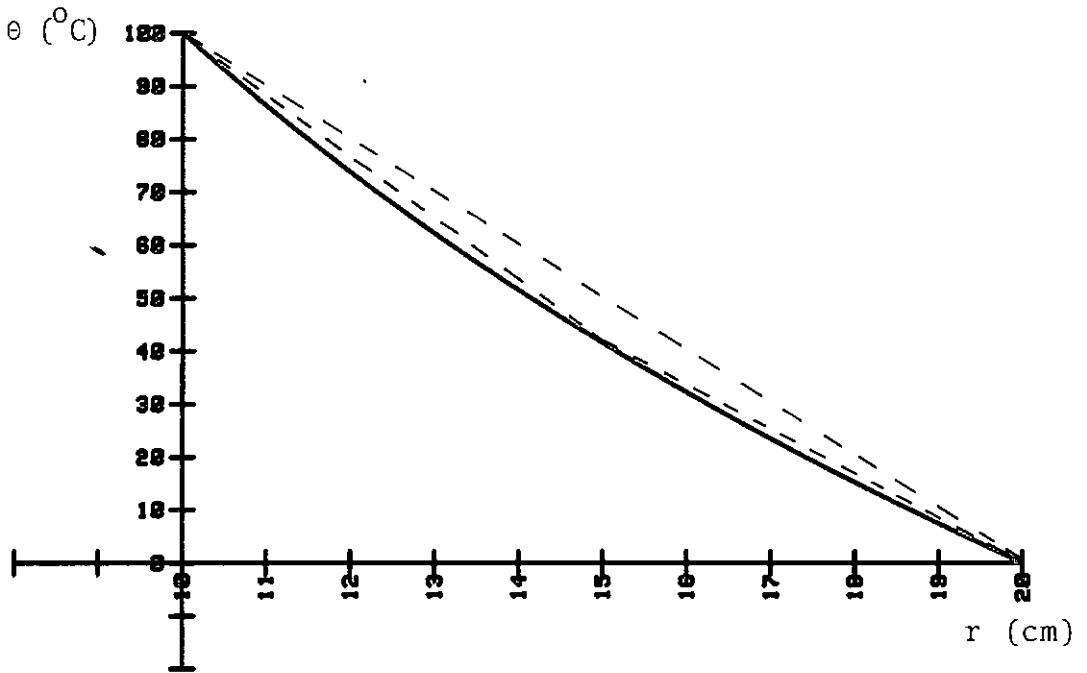


FIGURA V.5 - Variação da temperatura em função do raio

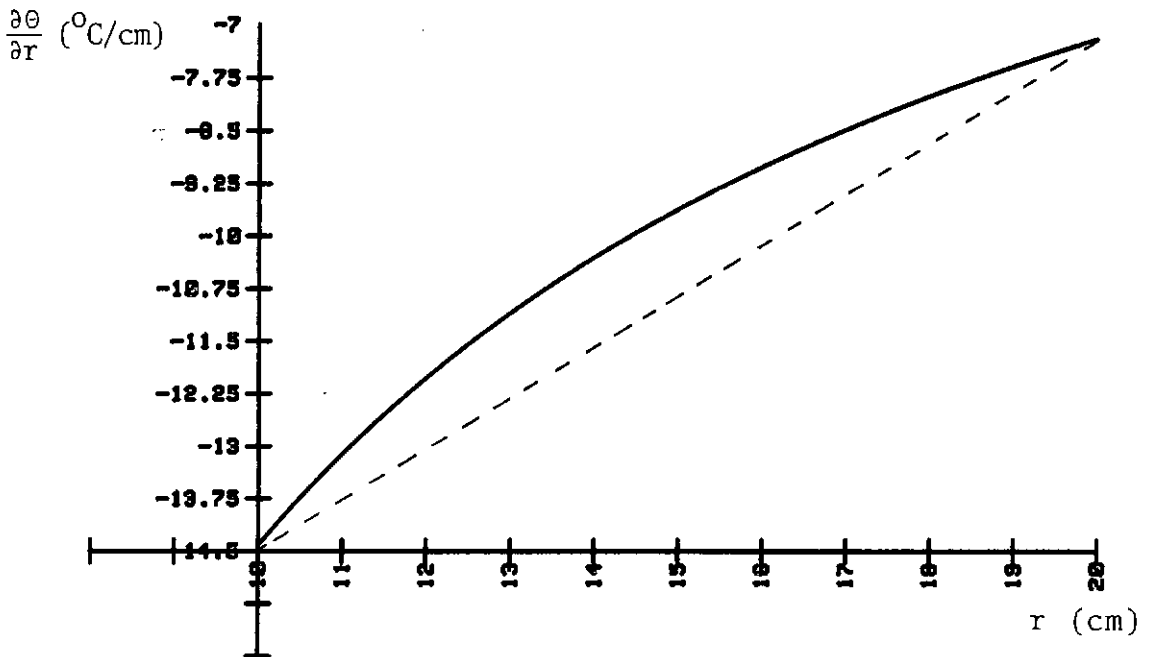


FIGURA V.6 - Variação do diferencial de temperatura em função do raio

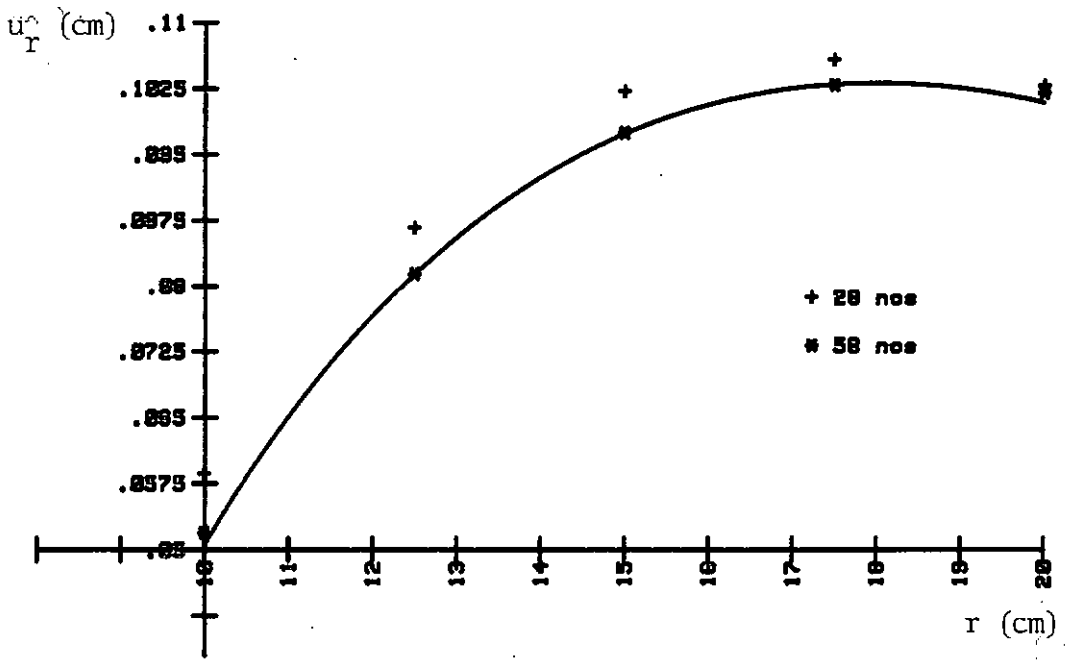


FIGURA V.7 - Deslocamentos radiais para o cilindro sob o efeito do gradiente de temperatura

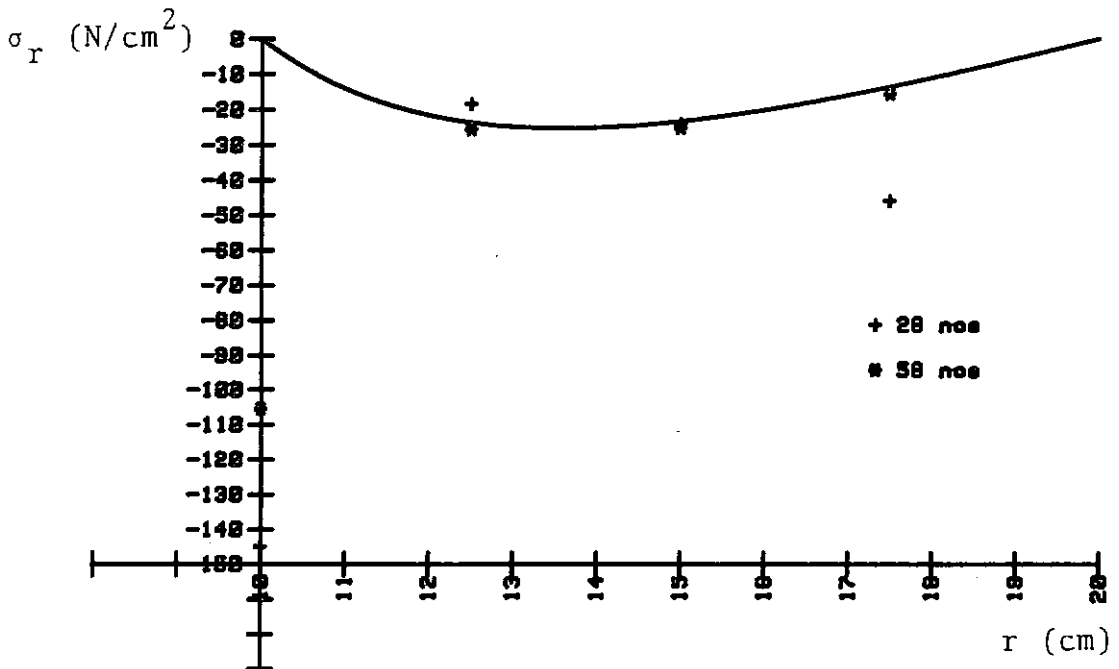


FIGURA V.8 - Tensões radiais para o cilindro sob o efeito do gradiente de temperatura

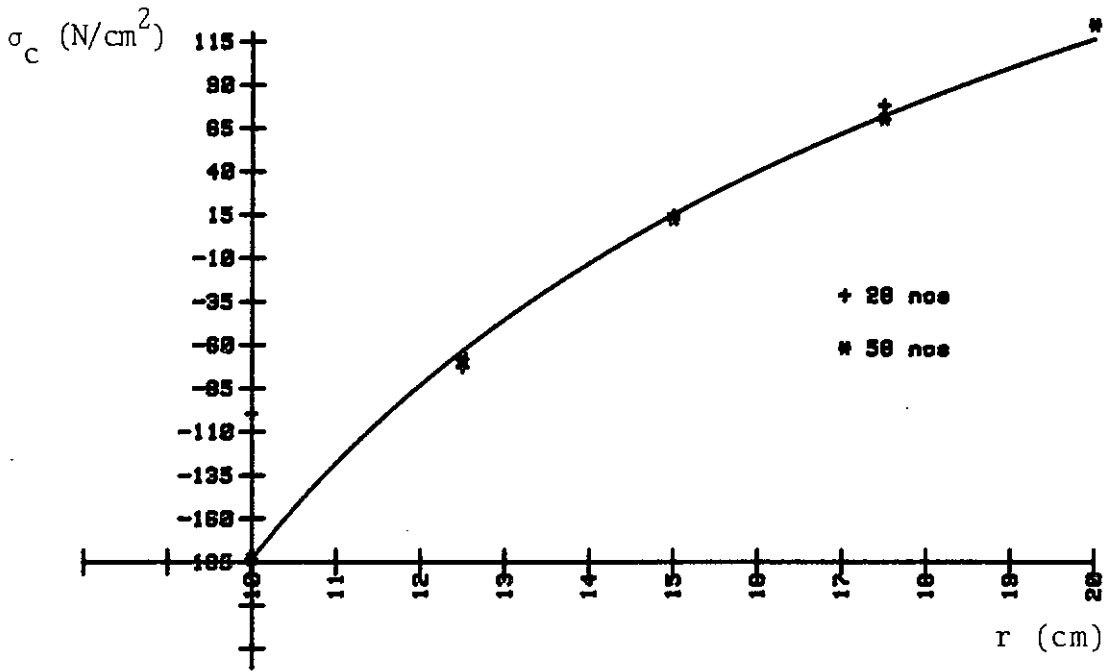


FIGURA V.9 - Tensões circunferenciais para o cilindro sob o efeito do gradiente de temperatura

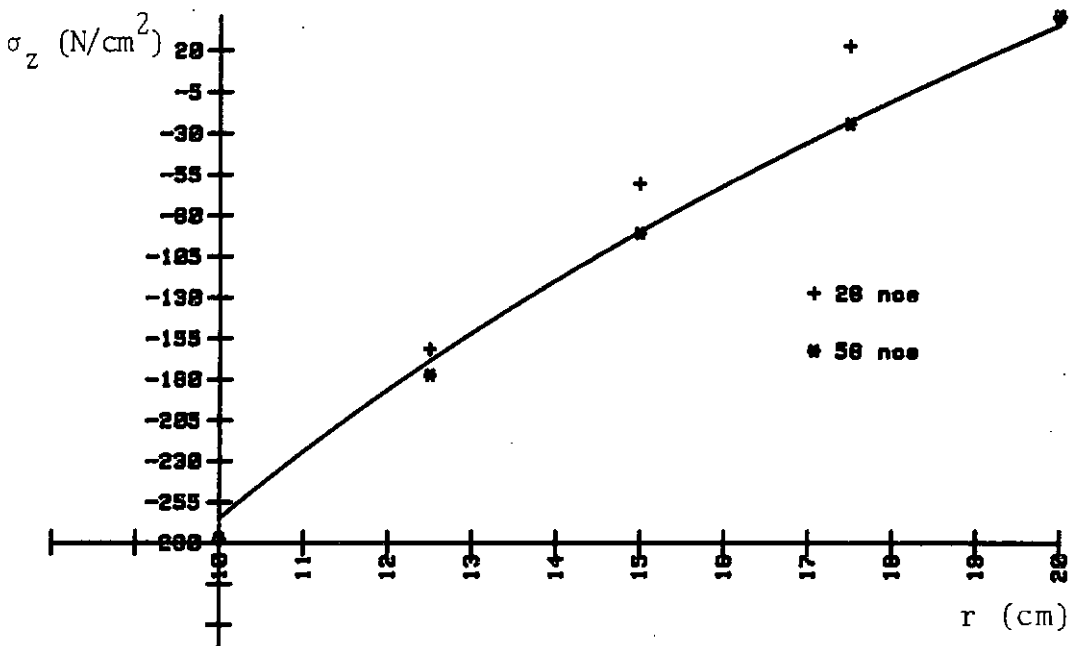


FIGURA V.10 - Tensões longitudinais para o cilindro sob o efeito do gradiente de temperatura

TABELA V.16 - Deslocamentos radiais (cm) para o cilindro sob o efeito do gradiente de temperatura

r	Valor exato	malhas	
		28 nós	58 nós
10	0,0504	0,0586±0,0077	0,0519±0,0002
12,5	0,0814	0,0867*	0,0814*
15	0,0974	0,1021*	0,0974* 0,0979±0,0002
17,5	0,1030	0,1058*	0,1029*
20	0,1009	0,1028±0,0044	0,1020±0,0001

\* Valores do interior

TABELA V.17 - Tensões radiais (N/cm<sup>2</sup>) para o cilindro sob o efeito do gradiente de temperatura

r	Valor exato	malhas	
		28 nós	58 nós
10	0	-145,09±4,63	-105,62±20,83
12,5	-23,71	- 18,28*	- 25,52*
15	-23,37	- 24,06	- 25,22 - 0,79±26,67
17,5	-13,59	- 45,72*	- 15,57*
20	0	108,77±28,08	46,89±5,62

\* Valores do interior

TABELA V.18 - Tensões circunferenciais ( $N/cm^2$ ) para o cilindro sob o efeito do gradiente de temperatura

r	Valor exato	malhas	
		28 nós	58 nós
10	-183,60	-99,73±92,46	-183,62±1,00
12,5	- 63,31	- 72,71*	- 68,20*
15	15,26	15,04*	12,47* 18,67±6,89
17,5	72,20	78,05*	70,23*
20	116,40	142,44±40,64	124,42±6,81

\* Valores do interior

TABELA V.19 - Tensões longitudinais ( $N/cm^2$ ) para o cilindro sob o efeito do gradiente de temperatura

r	Valor exato	malhas	
		28 nós	58 nós
10	-265,08	-205,02±21,17	-277,60±6,20
12,5	-168,50	-161,40*	-172,39*
15	- 89,59	- 60,63*	- 90,86* - 84,97±5,71
17,5	- 22,87	22,45*	- 24,33*
20	34,92	38,94±8,30	40,04±1,66

\* Valores do interior



### V.2.5 - Comparação com o Método dos Elementos Finitos

Apresentam-se na tabela V.20 os resultados obtidos com as malhas de elementos finitos. Na tabela V.21 mostra-se os correspondentes tempos de processamento. As tensões apresentadas são as tensões nodais médias, obtidas pela média aritmética das tensões nos elementos.

Comparam-se os resultados obtidos com as malhas, de elementos finitos e de elementos de contorno, que possuem o mesmo número de nós, na tabela V.22. Pode-se observar que a solução obtida com o método dos elementos de contorno é bastante superior aquela obtida pelo método dos elementos finitos, tanto para os deslocamentos como para as tensões.

Para obter-se os valores de deslocamentos com a mesma precisão dos valores fornecidos pela malha com 28 nós do MEC, foi necessário utilizar-se uma malha com 70 nós para o MEF. Nesse caso as tensões calculadas pelo MEF foram melhores que as obtidas pelo MEC.

Porém pode-se observar na tabela V.23 que a solução para as tensões ainda é melhor no MEC, para a malha com 58 nós.

Na tabela V.24 apresentam-se, de forma condensada, os tempos de processamento gastos para obter-se a solução com os dois métodos para as diferentes malhas. Nota-se que os tempos do MEF foram muito inferiores aqueles gastos pelo MEC, apesar de utilizar-se um programa específico para obtenção da solução com o MEC e um programa geral para o MEF (LORANE).

TABELA V.20 - Resultados do Método dos Elementos Finitos para o cilindro sob a ação da pressão interna uniforme radial

r	Valor exato	malhas		
		28 nós	42 nós	70 nós
Deslocamentos radiais ( $10^{-3}\text{cm}$ )				
10	1,907	1,708	1,845	1,894
12,5	1,603	-	-	1,595
15	1,416	-	1,378	1,409
17,5	1,294	-	-	1,289
20	1,213	1,116	1,185	1,209
Tensões radiais ( $\text{N/cm}^2$ )				
10	-20,00	3,78	-3,85	-10,39
12,5	-10,40	-	-	-11,40
15	- 5,19	-	-7,18	- 5,64
17,5	- 2,04	-	-	- 2,26
20	0,00	-9,49	-3,57	- 1,58
Tensões circunferenciais ( $\text{N/cm}^2$ )				
10	33,33	39,15	38,89	37,18
12,5	23,73	-	-	23,16
15	18,52	-	17,12	18,24
17,5	15,37	-	-	15,22
20	13,33	8,20	11,49	12,61
Tensões longitudinais ( $\text{N/cm}^2$ )				
10	4	12,88	10,51	8,04
12,5	4	-	-	3,53
15	4	-	2,99	3,78
17,5	4	-	-	3,89
20	4	-0,39	2,37	3,31

TABELA V.21 - Tempos de processador (segundos) para as malhas de elementos finitos

Etapas de processamento	malhas		
	28 nós	42 nós	70 nós
Consistência	0,1	0,1	0,2
Montagem do sistema de equações	18,9	36,6	72,0
Solução do sistema de equações	26,8	78,3	130,9
Cálculo das tensões	8,0	14,9	26,4
Total de análise	53,8	129,9	229,5
Entrada e saída de dados	5,2	6,8	10,4
Total geral	59,0	136,7	239,9

TABELA V.22 - Comparação entre os resultados das malhas com 28 nós dos dois métodos

r	Valor exato	métodos			
		elementos de contorno		elementos finitos	
		valor obtido	erro percentual	Valor obtido	erro percentual
Deslocamentos radiais ( $10^{-3}$ cm)					
10	1,907	1,906	-0,05	1,708	-10,44
20	1,213	1,235	1,81	1,116	- 8,00
Tensões radiais ( $\text{N/cm}^2$ )					
10	-20,00	-8,95	-55,25	3,78	-118,90
20	0,00	-5,78	-	-9,49	-
Tensões circunferenciais ( $\text{N/cm}^2$ )					
10	33,33	29,03	-12,90	39,15	17,46
20	13,33	14,10	5,78	8,20	-38,48
Tensões longitudinais ( $\text{N/cm}^2$ )					
10	4	4,09	2,25	12,88	222,00
20	4	1,81	-54,75	-0,39	-109,75

TABELA V.23 - Comparação entre duas malhas diferentes dos dois métodos

r	Valor exato	malhas			
		58 nós MEC		70 nós MEF	
		Valor obtido	erro percentual	valor obtido	erro percentual
Deslocamentos radiais ( $10^{-3}$ cm)					
10	1,907	1,869	-1,99	1,894	-0,68
12,5	1,603	1,558*	-2,81	1,595	-0,50
15	1,416	1,376*	-2,82	1,409	-0,49
17,5	1,294	1,256*	-2,94	1,289	-0,39
20	1,213	1,191	-1,81	1,209	-0,33
Tensões radiais ( $\text{N/cm}^2$ )					
10	-20,00	-12,13	-39,35	-10,39	-48,05
12,5	-10,40	- 9,93*	- 4,52	-11,40	9,62
15	- 5,19	- 4,97*	- 4,24	- 5,64	8,67
17,5	- 2,04	- 2,04*	0,00	- 2,26	10,78
20	0,00	- 1,72	-	- 1,58	-
Tensões circunferenciais ( $\text{N/cm}^2$ )					
10	33,33	30,84	- 7,47	37,18	11,55
12,5	23,73	23,49*	- 1,01	23,16	-2,40
15	18,52	18,16*	- 1,94	18,24	-1,51
17,5	15,37	14,93*	- 2,86	15,22	-0,98
20	13,33	13,20	- 0,98	12,61	-5,40
Tensões longitudinais ( $\text{N/cm}^2$ )					
10	4	4,88	22,00	8,04	101,00
12,5	4	4,01*	0,25	3,53	-11,75
15	4	3,88*	-3,00	3,78	- 5,50
17,5	4	3,81*	-4,75	3,89	- 2,75
20	4	3,49	-12,75	3,31	-17,25

\* Valores do interior

TABELA V.24 - Comparação entre os tempos de processador (segundos)

Etapas de processamento	malhas						
	elementos de contorno				elementos finitos		
	20 nós	28 nós	58 nós	90 nós	28 nós	42 nós	70 nós
Montagem do sistema de equações	69	129	583	1501	19	37	72
Solução do sistema de equações	8	20	488	2668	27	78	131
Total de análise	93	172	1113	4239	54	130	230

## VI - CONCLUSÃO

De uma maneira geral pode-se dizer que os resultados obtidos são satisfatórios. Com malhas relativamente grosseiras consegue-se boas soluções, tanto para os deslocamentos como para as tensões.

Os pontos do interior possuem duas características importantes: proporcionam bons resultados e suas incógnitas são calculadas posteriormente após obter-se a solução no contorno. Desta maneira pode-se obter informações adicionais sobre regiões de alta concentração de tensões ou grande variação de deslocamentos colocando-se um maior número de pontos nessas regiões.

Chegam-se a tempos de processamento relativamente elevados para a montagem e solução do sistema de equações, pois apesar de ter-se um pequeno número de incógnitas a matriz do sistema é completamente cheia e não simétrica. Um grande tempo de processamento também é necessário para o cálculo das incógnitas do interior, porque para obter-se os valores de um determinado ponto de ve-se integrar sobre todos os elementos do contorno.

Verifica-se que o grande problema do método é o tratamento numérico, já que tanto os resultados no contorno como os valores do interior dependem do cálculo de integrais sobre os elementos, que não podem ser avaliadas analiticamente em todos os casos.

Assim visando-se eliminar os problemas apresentados, apresentam-se a seguir uma série de sugestões para o aperfeiçoamento do método:

- Para uma melhor representação das funções e da geometria do corpo, elementos quadráticos e cúbicos devem ser implantados, conduzindo a melhores resultados com um menor número de elementos [29].
- Para possibilitar-se a variação das características do material ao longo do corpo é necessário considerar-se a possibilidade da divisão do mesmo em sub-regiões. Essa técnica

traz vantagens adicionais, tais como, a redução do tempo de processamento para a montagem e solução do sistema de equações, pois nesse caso a matriz do sistema seria uma matriz banda. O tempo de processamento para o cálculo das incógnitas do interior também se reduziria pois para um determinado ponto necessitar-se-ia integrar somente sobre os elementos da sub-região que contivesse o ponto em questão [29].

- Deve-se desenvolver uma técnica de integração que calcule as integrais sobre os elementos de uma maneira uniforme (com o mesmo grau de precisão) para evitar que surjam problemas de convergência. Da mesma maneira tal procedimento deve ser usado no cálculo das incógnitas do interior para que a distância de pontos do interior ao contorno não afete os resultados [29].
- Considerar-se as descontinuidades das forças de superfície. Trabalhos nesse sentido foram desenvolvidos somente para elasticidade bidimensional [1, 13].
- No caso da utilização de sub-regiões torna-se viável o cálculo das tensões no contorno através da fórmula utilizada para pontos do interior (basta considerar-se a influência dos coeficientes  $C_{ij}$ ). Desta forma obter-se-ia melhores resultados para as tensões.

Acredita-se que o método dos elementos de contorno, com um maior desenvolvimento, pode-se tornar competitivo como o método dos elementos finitos. Porém a alternativa mais provável será sua utilização conjunta com o método dos elementos finitos, possibilitando assim o aproveitamento das características de ambos os métodos [7, 10].



## BIBLIOGRAFIA

- 1 - ALARCÓN, E., MARTIN, A. and PARIS, F. - *Boundary Elements in Potential and Elasticity Theory*, Computers & Structures, Vol. 10, Num. , pgs. 351-362 (1979).
- 2 - ALTIERO, N. J. and SIKARSKIE, D. L. - *A Boundary Integral Method Applied to Plates of Arbitrary Plan Form*, Computers & Structures, Vol. 9, Num. 2, pgs. 163-168 (1978).
- 3 - AMENZADE, Yu. A - *Theory of Elasticity*, Mir Publishers, Moscow, URSS (1979).
- 4 - BENJUMEA, R. and SIKARSKIE, D. L. - *On the Solution of Plane, Orthotropic Elasticity Problems by an Integral Method*, J. of Applied Mechanics - Transactions of the ASME, pgs. 801-808 (1972).
- 5 - BOLEY, A. B. and WEINER, H. J. - *Theory of Thermal Stresses*, John Wiley & Sons, Inc., New York, USA (1962).
- 6 - BREBBIA, C. A. - *The Boundary Element Method for Engineers*, Pentech Press, London, UK (1978).
- 7 - BREBBIA, C. A. (Editor) - *New Developments in Boundary Element Methods*, Proc. of the Second Int. Seminar on Recent Advances in Boundary Element Methods, CML Publications Limited Southampton, UK (1980).
- 8 - BREBBIA, C. A. and FERRANTE, A. J. - *Computational Methods for the Solution of Engineering Problems*, Pentech Press, London, UK (1978).
- 9 - BREBBIA, C. A. and NAKAGUMA, R. - *Application of Boundary Elements in the Analysis of Offshore Structures*, Proc. of the Int. Symposium on Offshore Engineering, Rio de Janeiro, Brasil, pgs. 151-175 (1979).

- 10 - BREBBIA, C. A. and WALKER, S. - *Boundary Element Techniques in Engineering*, Butterworth & Co. (Publishers) Ltd. , London, UK (1980).
- 11 - BUI, H. D. - *Some Remarks About the Formulation of Three-Dimensional Thermoelastoplastic Problems by Integral Equations*, Int. J. of Solids Structures, Vol. 14, Num. 11, pgs. 935-939 (1978).
- 12 - BUTTERFIELD, R. and TOMLIN, G. R. - *Integral Techniques for Solving Zoned Anisotropic Continuum Problems*, Proc. of the Int. Conf. of Variational Meth. in Engng., Southamton, UK, pgs. 9/30-9/50 (1972).
- 13 - CHAUDONNERET, M. - *On the Discontinuity of the Stress Vector in the Boundary Integral Equation Method for Elastic Analysis*, pgs. 185-194 (1979)
- 14 - CHAUDOUET, A. and LANGE, D. - *The Use of the Boundary Integral Equation Method in Mechanical Engineering*, pgs. II-6.1 - II-6.10 (1979)
- 15 - CRUSE, T. A. - *Numerical Solutions in Three Dimensional Elastostatics*, Int. J. of Solids Structures, Vol. 5, Num. 12, pgs. 1259-1274 (1969).
- 16 - CRUSE, T. A. - *Application of the Boundary Integral Equation Solution Method in Solid Mechanics*, Proc. of the Int. Conf. of Variational Meth. in Engng., Southampton, UK , pgs. 9/1-9/29 (1972).
- 17 - CRUSE, T. A. - *Application of the Boundary Integral Equation Method to Three Dimensional Stress Analysis*, Computers & Structures, Vol. 3, Num. 3, pgs. 509-527 (1973).

- 18 - CRUSE, T. A. - *An Improved Boundary Integral Equation Method for three Dimensional Elastic Stress Analysis*, *Computers & Structures*, Vol. 4, Num. 4, pgs. 741-754 (1974).
- 19 - FILONENKO-BORODICH, M. - *Theory of Elasticity*, Mir Publishers, Moscow, URSS (1968).
- 20 - HALBRITTER, A. L., TELLES, J. C. F. e MANSUR, W. J. - *Aplicação dos Elementos de Contorno a Problemas de Campo*, *Anais da Conf. sobre Análise, Projeto e Construção de Estruturas de Centrais Nucleares*, Porto Alegre, Brasil, pgs. 701-724. (1978).
- 21 - HAMER, P. C., MARLOWE, O. J. and STROUD, A. H. - *Numerical Integration over Simplexes and Cones*, *Math. Tables and other Aids to Computation*, Vol. X, pgs. 130-137 (1956).
- 22 - HEISE, U. - *Numerical Properties of Integral Equations in which the given Boundary Values and the Sought Solutions are Defined on Different Curves*, *Computers & Structures*, Vol. 8, Num. 2, pgs. 199-205 (1978).
- 23-- JASWON, M. A. - *Integral Equation Methods in Potential Theory I*, *Proc. Royal Soc., Ser. A*, Vol. 275, pgs. 23-32 (1963).
- 24 - JASWON, M. A. - and PONTER, A. R. - *An Integral Equation Solution of the Torsion Problem*, *Proc. Royal Soc., Ser. A*, Vol. 273, pgs. 237-246 (1963).
- 25 - JASWON, M. A. and SYMM, G. T. - *Integral Equation Methods in Potential Theory and Elastostatics*, Academic Press Inc. (London) Ltd., London, UK (1977).
- 26 - KAPLAN, W. - *Advanced Calculus*, Addison-Wesley Publishing Co., Inc., Palo Alto, USA (1963).
- 27 - KELLOGG, O. D. - *Foundations of Potential Theory*, Springer Verlag, Berlin, Germany (1967).

- 28 - KESHAVARZI, M. - *A Modified Integral Equation Applied to Problems of Elastostatics*, Computer Meth. in Applied Mechanics and Engng., Vol. 16, Num. 1, pgs. 1-9 (1978).
- 29 - LACHAT, J. C. - *A Further Development of the Boundary Integral Technique for Elastostatics*, Ph.D. Thesis, University of Southampton, UK (1975).
- 30 - LACHAT, J. C. - *Formulation en Equations Integrales de Contour en Problemes Tridimensionnels en Thermo-Elasticite Traitement Numerique*, Anais do Colóquio Franco-Brasileiro, Rio de Janeiro, Brasil (1976).
- 31 - LACHAT, J. C. - and COMBESCURE, A. - *Application of the Boundary Integral Equation Method to the Three Dimensional Thermoelastic Problem*,
- 32 - LACHAT, J. C. and DUBOIS, M. - *The Integral Formulation of Boundary Value Problems*, Proc. of the Int. Conf. of Variational Meth. in Engng., Southampton, UK, pgs. 9/89-9/109 (1972).
- 33 - LACHAT, J. C. and WATSON, J. O. - *Effective Numerical Treatment of Boundary Integral Equations: A Formulation for Three Dimensional Elastostatics*, Int. J. for Num. Meth. in Engng., Vol. 10, Num. 5, pgs. 991-1005 (1976).
- 34 - LACHAT, J. C. and WATSON, J. O. - *Progress in the Use of Boundary Integral Equations, Illustrated by Examples*, Computer Meth. in Applied Mech. and Engng., Vol. 10, Num. 3, pgs. 273-289 (1977).
- 35 - LOVE, A. E. H. - *A Treatise on the Mathematical Theory of Elasticity*, Dover (1944).

- 36 - MANSUR, W. J., HALBRITTER, A.L. e TELLES, J. C. F. - *Formulação do Método dos Elementos de Contorno para a Elasticidade Bidimensional*, COPPE/UFRJ - Programa de Eng. Civil (197 ).
- 37 - MUKHERJEE, S. - *Corrected Boundary Integral Equations in Planar Thermoelastoplasticity*, Int. J. of Solids Structures, Vol. 13, Num. 4, pgs. 331-335 (1977).
- 38 - NOWACKI, W. - *Thermoelasticity*, PWN - Polish Scientific Publishers, Warszawa, Poland (1962).
- 39 - RIZZO, F. J. - *An Integral Equation Approach to Boundary Value Problems of Classical Elastostatics*, Quart. Appl.Math., Vol. 25, pgs. 83-95 (1967).
- 40 - RIZZO, F. J. and SHIPPY, D. J. - *An Advanced Boundary Integral Equation Method for Three Dimensional Thermoelasticity*, Int. J. for Num. Meth. in Engng., Vol. 11, Num. 11 , pgs. 1753-1768 (1977).
- 41 - STIPPES, M. and RIZZO, F. J. - *A Note on the Body Force Integral of Classical Elastostatics*, Zeis. Ang. Math. Physik, Vol. 28 (1977).
- 42 - STRANG, G. and FIX, G. J. - *An Analysis of the Finite Element Method*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, USA (1973).
- 43 - SWEDLOW, J. L. and CRUSE, T. A. - *Formulation of Boundary Integral Equation for Three Dimensional Elasto-Plastic Flow*, Int. J. of Solids Structures, Vol. 7, Num. 12, pgs. 1673-1683 (1971).
- 44 - SYMM, G. T. - *Integral Equation Methods in Potential Theory II*, Proc. Royal Soc., Ser. A, Vol. 275, pgs. 33-46 (1963).

- 45 - TIMOSHENKO, S. P. and GOODIER, J. N. - *Theory of Elasticity*, MacGraw-Hill, Inc., USA (1970).
- 46 - WATSON, J. O. - *The Analysis of Three Dimensional Problems of Elasticity by Integral Representation of Displacement*, Proc. of the Int. Conf. of Variational Meth. in Engng. , Southampton, UK, pgs. 9/51-9/56 (1972).
- 47 - WILLIAMSON, R. E., CROWELL, R. H. and TROTTER, H. F. - *Calculus of Vector Functions*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, USA (1972).
- 48 - WILSON, R. B. and CRUSE, T. A. - *Efficient Implementation of Anisotropic Three Dimensional Boundary Integral Equation Stress Analysis*, Int. J. for Num. Meth. in Engng., Vol.12, Num. 9, pgs. 1383-1397 (1978).
- 49 - WONG, J. P. and AGUIRRE-RAMIREZ, G. - *A Finite Element Integral Equation Solution to Torsion Problem*, Computers & Structures, Vol. 9, Num. 1, pgs. 53-55 (1978).
- 50 - ZIENKIEWICK, O. C. - *The Finite Element Method*, MacGraw - Hill Book Company (UK) Limited, UK (1977).

## APÊNDICE A - Formulário

## A.1 - Tensores da Solução Fundamental de Kelvin e Vetores Oriundos da Transformação da Integral de Volume

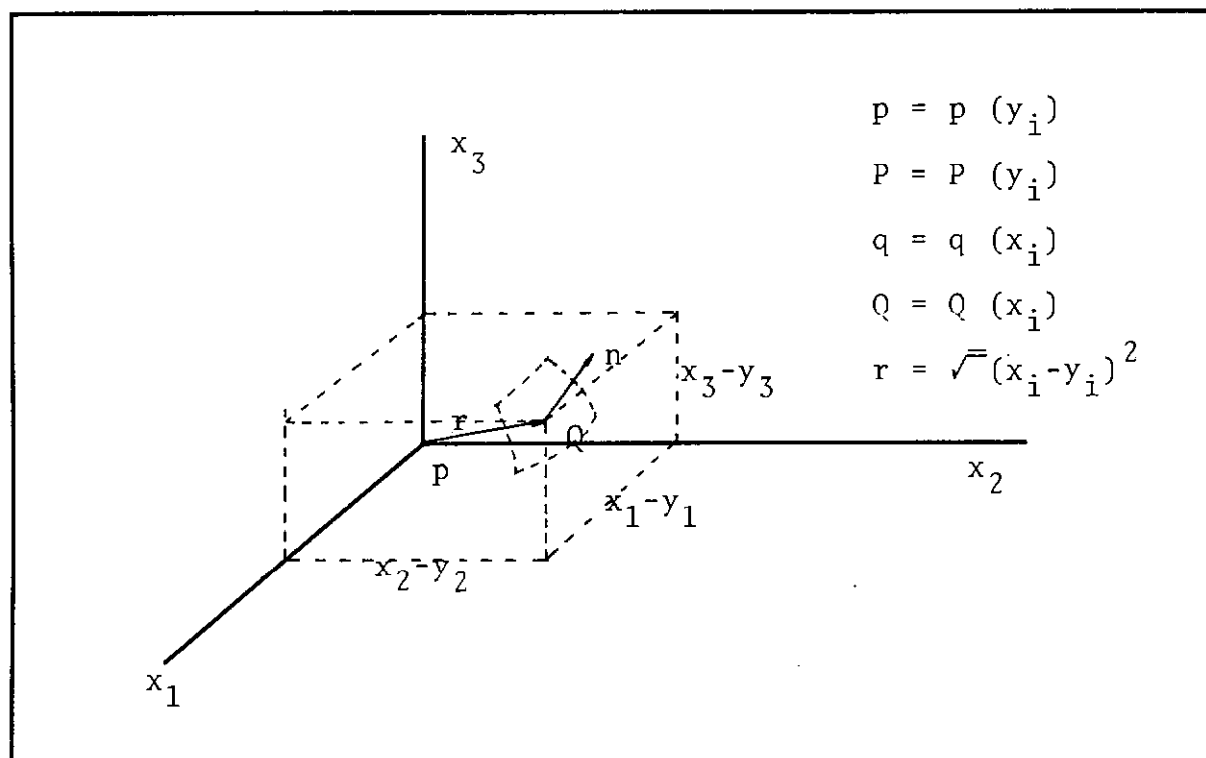


FIGURA A.1 - Representação do ponto de aplicação da carga concentrada unitária e de um ponto do contorno.

Apresenta-se a seguir as fórmulas dos tensores da Solução Fundamental de Kelvin e dos vetores oriundos da transformação da integral de volume das forças de volume em integral de superfície. As constantes estão relacionadas no item A.5.

Tensor de Forças de Superfície:

$$T_{ij} = C_3 (n_k r_{,k} (\delta_{ij} - C_4 r_{,i} r_{,j}) - r_{,i} n_j + r_{,j} n_i) / r^2 \quad (A-1)$$

Tensor de Deslocamentos:

$$U_{ij} = C_1 (C_2 \delta_{ij} + r_{,i} r_{,j}) / r \quad (A-2)$$

Vetores:

$$V_i = U_{ij} n_j = C_1 (C_2 n_i + n_j r_{,j} r_{,i}) / r$$

$$X_i = C_5 (n_i - n_j r_{,j} r_{,i}) / r$$

$$Y_i = C_5 r_{,i}$$

$$Z_i = C_5 r n_i \quad (A-3)$$

## A.2 - Diferenciais de r

Sendo:

$$r = \sqrt{(x_i - y_i)^2} \quad (A-4)$$

Então tem-se que:

$$\frac{\partial r}{\partial x_i} = r_{,i} = (x_i - y_i) / r \quad (A-5)$$

$$\frac{\partial r}{\partial y_i} = - (x_i - y_i) / r \quad (A-6)$$

$$\frac{\partial r}{\partial x_i} = - \frac{\partial r}{\partial y_i} \quad (A-7)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (1 / r) = (1 / r)_{,i} = - r_{,i} / r^2 \quad (A-8)$$

$$\frac{\partial}{\partial y_i} (1 / r) = r_{,i} / r^2 \quad (A-9)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (1 / r^2) = (1 / r^2)_{,i} = -2 r_{,i} / r^3 \quad (A-10)$$

$$\frac{\partial}{\partial y_i} (1 / r^2) = 2 r_{,i} / r^3 \quad (A-11)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (r_{,i}) = r_{,ij} = - (r_{,i} r_{,j} - \delta_{ij}) / r \quad (A-12)$$

$$\frac{\partial}{\partial y_j} (r_{,i}) = (r_{,i} r_{,j} - \delta_{ij}) / r \quad (A-13)$$



O Laplaciano de  $r$  é dado por:

$$\begin{aligned} r_{,ii} &= -((r_{,i})^2 - \delta_{ii}) / r \\ &= 2 / r \end{aligned} \quad (A-14)$$

pôis:

$$(r_{,i})^2 = 1 \quad (A-15)$$

Diferenciando-se  $r_{,i}$  com relação a normal obtém-se:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial n}(r_{,i}) &= \frac{\partial}{\partial n}((x_i - y_i) / r) \\ &= \frac{\partial}{\partial n}(x_i - y_i) / r + \frac{\partial}{\partial n}(1 / r) (x_i - y_i) \\ &= (n_i - \frac{\partial r}{\partial n} r_{,i}) / r \\ &= (n_i - n_j r_{,j} r_{,i}) / r \end{aligned} \quad (A-16)$$

Pois:

$$\frac{\partial}{\partial n}(1 / r) = - \frac{\partial r}{\partial n} / r^2 \quad (A-17)$$

$$\frac{\partial}{\partial n} = \frac{\partial}{\partial x_i} \frac{\partial}{\partial n}(x_i) = n_i \frac{\partial}{\partial x_i} \quad (A-18)$$

$$\frac{\partial}{\partial n}(y_i) = 0 \quad (A-19)$$

$$\frac{\partial}{\partial y_j}(n_i) = 0 \quad (A-20)$$

## A.3 - Diferenciais dos Tensores e Vetores

Diferenciais do tensor de forças de superfície:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial}{\partial y_k} (T_{ij}) &= C_3 \left( (n_m r_{,m} (\delta_{ij} - C_4 r_{,i} r_{,j}) - r_{,i} n_j \right. \\
&\quad + \left. r_{,j} n_i) \frac{\partial}{\partial y_k} (1 / r^2) \right. \\
&\quad + \left. (n_m r_{,m} \frac{\partial}{\partial y_k} (\delta_{ij} - C_4 r_{,i} r_{,j}) \right. \\
&\quad + \left. (\delta_{ij} - C_4 r_{,i} r_{,j}) \frac{\partial}{\partial y_k} (n_m r_{,m}) - r_{,i} \frac{\partial}{\partial y_k} (n_j) \right. \\
&\quad - \left. n_j \frac{\partial}{\partial y_k} (r_{,i}) + r_{,j} \frac{\partial}{\partial y_k} (n_i) + n_i \frac{\partial}{\partial y_k} (r_{,j}) / r^2 \right) \\
&= C_3 \left( n_m r_{,m} (2 \delta_{ij} r_{,k} - 2 C_4 r_{,i} r_{,j} r_{,k}) \right. \\
&\quad - \left. 2 r_{,i} r_{,k} n_j + 2 r_{,j} r_{,k} n_i) \right. \\
&\quad - \left. n_m r_{,m} C_4 (2 r_{,i} r_{,j} r_{,k} - \delta_{jk} r_{,i} - \delta_{ik} r_{,j}) \right. \\
&\quad + \left. (\delta_{ij} - C_4 r_{,i} r_{,j}) (n_m r_{,m} r_{,k} - n_k) \right. \\
&\quad - \left. n_j (r_{,i} r_{,k} - \delta_{ik}) + n_i (r_{,j} r_{,k} - \delta_{jk}) \right) / r^3 \\
&= C_3 \left( n_m r_{,m} (C_4 r_{,i} (\delta_{jk} - r_{,j} r_{,k}) \right. \\
&\quad + \left. C_4 r_{,j} (\delta_{ik} - r_{,i} r_{,k}) \right. \\
&\quad + \left. 3 r_{,k} (\delta_{ij} - C_4 r_{,i} r_{,j})) \right. \\
&\quad + \left. n_i (3 r_{,j} r_{,k} - \delta_{jk}) - n_j (3 r_{,i} r_{,k} - \delta_{ik}) \right. \\
&\quad + \left. n_k (C_4 r_{,i} r_{,j} - \delta_{ij}) \right) / r^3 \quad (A-21)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial}{\partial y_j}(T_{ik}) &= C_3 (n_m r_{,m} (C_4 r_{,i} (\delta_{jk} - r_{,j} r_{,k}) \\
&+ 3 r_{,j} (\delta_{ik} - C_4 r_{,i} r_{,k}) \\
&+ C_4 r_{,k} (\delta_{ij} - r_{,i} r_{,j})) \\
&+ n_i (3 r_{,j} r_{,k} - \delta_{jk}) + n_j (C_4 r_{,i} r_{,k} - \delta_{ik}) \\
&- n_k (3 r_{,i} r_{,j} - \delta_{ij})) / r^3 \quad (A-22)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial}{\partial y_i}(T_{jk}) &= C_3 (n_m r_{,m} (3 r_{,i} (\delta_{jk} - C_4 r_{,j} r_{,k}) \\
&+ C_4 r_{,j} (\delta_{ik} - r_{,i} r_{,k}) \\
&+ C_4 r_{,k} (\delta_{ij} - r_{,i} r_{,j})) \\
&+ n_i (C_4 r_{,j} r_{,k} - \delta_{jk}) + n_j (3 r_{,j} r_{,k} - \delta_{jk}) \\
&- n_k (3 r_{,i} r_{,j} - \delta_{ij})) / r^3 \quad (A-23)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial}{\partial y_\ell}(T_{\ell k}) &= C_3 (n_m r_{,m} (3 r_{,\ell} (\delta_{\ell k} - C_4 r_{,\ell} r_{,k}) \\
&+ C_4 r_{,\ell} (\delta_{\ell k} - r_{,\ell} r_{,k}) \\
&+ C_4 r_{,k} (\delta_{\ell\ell} - r_{,\ell} r_{,\ell})) \\
&+ n_\ell (C_4 r_{,\ell} r_{,k} - \delta_{\ell k}) + n_\ell (3 r_{,\ell} r_{,k} - \delta_{\ell k}) \\
&- n_k (3 r_{,\ell} r_{,\ell} - \delta_{\ell\ell})) / r^3 \\
&= 2 C_3 (3 n_m r_{,m} r_{,k} - n_k) / r^3 \quad (\tilde{A}-24)
\end{aligned}$$

Diferenciais do tensor de deslocamentos:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial}{\partial x_k}(U_{ij}) &= U_{ij,k} \\
 &= C_1 ((C_2 \delta_{ij} + r_{,i} r_{,j}) (1/r)_{,k} \\
 &\quad + (r_{,i} r_{,jk} + r_{,ik} r_{,j}) / r) \\
 &= -C_1 (r_{,i} (r_{,j} r_{,k} - \delta_{jk}) + r_{,j} (r_{,i} r_{,k} - \delta_{ik}) \\
 &\quad + r_{,k} (r_{,i} r_{,j} + C_2 \delta_{ij})) / r^2 \quad (A-25)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial}{\partial x_j}(U_{ij}) &= U_{ij,j} \\
 &= -C_1 (r_{,i} (r_{,j} r_{,j} - \delta_{jj}) + r_{,j} (r_{,i} r_{,j} - \delta_{ij}) \\
 &\quad + r_{,j} (r_{,i} r_{,j} + C_2 \delta_{ij})) / r^2 \\
 &= -C_1 (C_2 - 1) r_{,i} / r^2 \\
 &= -C_1 (C_2 - 1) \frac{\partial}{\partial y_i}(1/r) \\
 &= -2 K_2 \frac{\partial}{\partial y_i}(1/r) \quad (A-26)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial}{\partial y_k}(U_{ij}) &= C_1 (r_{,i} (r_{,j} r_{,k} - \delta_{jk}) + r_{,j} (r_{,i} r_{,k} - \delta_{ik}) \\
 &\quad + r_{,k} (r_{,i} r_{,j} + C_2 \delta_{ij})) / r^2 \quad (A-27)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial}{\partial y_j}(U_{ik}) &= C_1 (r_{,i} (r_{,j} r_{,k} - \delta_{jk}) + r_{,j} (r_{,i} r_{,k} + C_2 \delta_{ik}) \\
 &\quad + r_{,k} (r_{,i} r_{,j} - \delta_{ij})) / r^2 \quad (A-28)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial y_i}(U_{jk}) &= C_1 (r_{,i} (r_{,j} r_{,k} + C_2 \delta_{jk}) + r_{,j} (r_{,i} r_{,k} - \delta_{ik}) \\ &+ r_{,k} (r_{,i} r_{,j} - \delta_{ij})) / r^2 \end{aligned} \quad (A-29)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial y_\ell}(U_{\ell k}) &= C_1 (r_{,\ell} (r_{,\ell} r_{,k} + C_2 \delta_{\ell k}) + r_{,\ell} (r_{,\ell} r_{,k} - \delta_{\ell k}) \\ &+ r_{,k} (r_{,\ell} r_{,\ell} - \delta_{\ell\ell})) / r^2 \\ &= C_1 (C_2 - 1) r_{,k} / r^2 \end{aligned} \quad (A-30)$$

Diferenciais dos Vetores:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial y_j}(X_i) &= C_5 ((n_i - n_m r_{,m} r_{,i}) \frac{\partial}{\partial y_j}(1/r) + (\frac{\partial}{\partial y_j}(n_i) \\ &+ n_m r_{,m} r_{,ij} + n_m r_{,mj} r_{,i} \\ &- \frac{\partial}{\partial y_j}(n_m) r_{,m} r_{,i}) / r) \\ &= C_5 (n_i r_{,j} + n_j r_{,i} \\ &- n_m r_{,m} (3 r_{,i} r_{,j} - \delta_{ij})) / r^2 \end{aligned} \quad (A-31)$$

$$\frac{d}{dy_i}(X_j) = \frac{d}{dy_j}(X_i) \quad (A-32)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial y_\ell}(X_\ell) &= C_5 (n_\ell r_{,\ell} + n_\ell r_{,\ell} \\ &+ n_m r_{,m} (3 r_{,\ell} r_{,\ell} - \delta_{\ell\ell})) / r^2 \\ &= 2 C_5 n_\ell r_{,\ell} / r^2 \end{aligned} \quad (A-33)$$

$$\frac{\partial}{\partial y_j}(Y_i) = C_5 (r_{,i} r_{,j} - \delta_{ij}) / r \quad (A-34)$$

$$\frac{\partial}{\partial y_i}(Y_j) = \frac{\partial}{\partial y_j}(Y_i) \quad (\text{A-35})$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial y_\ell}(Y_\ell) &= C_5 (r_{,\ell} r_{,\ell} - \delta_{\ell\ell}) / r \\ &= -2 C_5 / r \end{aligned} \quad (\text{A-36})$$

$$\frac{\partial}{\partial y_j}(Z_i) = -C_5 r_{,j} n_i \quad (\text{A-37})$$

$$\frac{\partial}{\partial y_i}(Z_j) = -C_5 r_{,i} n_j \quad (\text{A-38})$$

$$\frac{\partial}{\partial y_\ell}(Z_\ell) = -C_5 r_{,\ell} n_\ell \quad (\text{A-39})$$

## A.4 - Tensores Utilizados no Cálculo das Tensões do Interior

Lembrando-se que:

$$\frac{\delta}{\delta y_i}(f(Q)) = 0 \quad (A-40)$$

pois  $Q = Q(x_i)$ , aplicando-se a equação (II-52) na equação (II-51) obtêm-se:

$$\begin{aligned} D_{ijk} &= \lambda \frac{\partial}{\partial y_\ell}(U_{\ell k}) \delta_{ij} + \mu \left( \frac{\partial}{\partial y_j}(U_{ik}) + \frac{\partial}{\partial y_i}(U_{jk}) \right) \\ S_{ijk} &= \lambda \frac{\partial}{\partial y_\ell}(T_{\ell k}) \delta_{ij} + \mu \left( \frac{\partial}{\partial y_j}(T_{ik}) + \frac{\partial}{\partial y_i}(T_{jk}) \right) \\ E_{ij} &= \lambda \frac{\partial}{\partial y_\ell}(V_\ell) \delta_{ij} + \mu \left( \frac{\partial}{\partial y_j}(V_i) + \frac{\partial}{\partial y_i}(V_j) \right) \\ F_{ij} &= \lambda \frac{\partial}{\partial y_\ell}(X_\ell) \delta_{ij} + \mu \left( \frac{\partial}{\partial y_j}(X_i) + \frac{\partial}{\partial y_i}(X_j) \right) \\ G_{ij} &= \lambda \frac{\partial}{\partial y_\ell}(Y_\ell) \delta_{ij} + \mu \left( \frac{\partial}{\partial y_j}(Y_i) + \frac{\partial}{\partial y_i}(Y_j) \right) \\ H_{ij} &= \lambda \frac{\partial}{\partial y_\ell}(Z_\ell) \delta_{ij} + \mu \left( \frac{\partial}{\partial y_j}(Z_i) + \frac{\partial}{\partial y_i}(Z_j) \right) \end{aligned} \quad (A-41)$$

Tensor  $D_{ijk}$ :

$$\begin{aligned}
 D_{ijk} &= C_1 (\lambda (C_2 - 1) r_{,k} \delta_{ij} \\
 &+ \mu (r_{,i} (2 r_{,j} r_{,k} + (C_2 - 1) \delta_{jk}) \\
 &+ r_{,j} (2 r_{,i} r_{,k} + (C_2 - 1) \delta_{ik}) \\
 &+ r_{,k} (2 r_{,i} r_{,j} - 2 \delta_{ij})) / r^2 \\
 &= \frac{1}{16 \pi \mu (1 - \nu)} \left( -\frac{2 E \nu (1 - 2 \nu)}{(1 + \nu) (1 - 2 \nu)} r_{,k} \delta_{ij} \right. \\
 &+ \mu (6 r_{,i} r_{,j} r_{,k} \\
 &+ 2 (1 - 2 \nu) (r_{,i} \delta_{jk} + r_{,j} \delta_{ik}) \\
 &- 2 r_{,k} \delta_{ij}) / r^2 \\
 &= \frac{2 \nu - 1}{8 \pi (1 - \nu)} (r_{,k} \delta_{ij} - r_{,j} \delta_{ik} - r_{,i} \delta_{jk}) \\
 &+ \frac{3}{2 \nu - 1} r_{,i} r_{,j} r_{,k} / r^2 \\
 &= C_3 (r_{,k} \delta_{ij} - r_{,j} \delta_{ik} - r_{,i} \delta_{jk} + C_4 r_{,i} r_{,j} r_{,k}) / r^2
 \end{aligned}$$

(A-42)



Tensor  $S_{ijk}$ :

$$\begin{aligned}
 S_{ijk} &= C_3 (2 \lambda (3 n_m r_{,m} r_{,k} - n_k) \delta_{ij} \\
 &+ \mu (n_m r_{,m} ((C_4 + 3) r_{,i} \delta_{jk} - 4 C_4 r_{,i} r_{,j} r_{,k} \\
 &+ (C_4 + 3) r_{,j} \delta_{ik} - 4 C_4 r_{,i} r_{,j} r_{,k} \\
 &+ 2 C_4 r_{,k} \delta_{ij} - 2 C_4 r_{,i} r_{,j} r_{,k})) \\
 &+ (C_4 + 3) n_i r_{,j} r_{,k} - 2 n_i \delta_{jk} \\
 &+ (C_4 + 3) n_j r_{,i} r_{,k} - 2 n_j \delta_{ik} \\
 &- 6 n_k r_{,i} r_{,j} + 2 n_k \delta_{ij})) / r^3 \\
 &= \frac{2 \nu - 1}{8 \pi (1 - \nu)} \left( \frac{2 E \nu}{(1 + \nu)(1 - 2 \nu)} \right) (3 n_m r_{,m} r_{,k} - n_k) \delta_{ij} \\
 &+ \frac{E}{2 (1 + \nu)} (n_m r_{,m} (-10 C_4 r_{,i} r_{,j} r_{,k} \\
 &+ (C_4 + 3) (r_{,i} \delta_{jk} + r_{,j} \delta_{ik}) \\
 &+ 2 C_4 r_{,k} \delta_{ij}) \\
 &+ (C_4 + 3) (n_i r_{,j} r_{,k} + n_j r_{,i} r_{,k}) \\
 &- 6 n_k r_{,i} r_{,j} \\
 &- 2 (n_i \delta_{jk} + n_j \delta_{ik} - n_k \delta_{ij}))) / r^3 \\
 &= C_7 (3 n_m r_{,m} (\nu (r_{,i} \delta_{jk} + r_{,j} \delta_{ik}) - C_9 r_{,k} \delta_{ij} \\
 &- 5 r_{,i} r_{,j} r_{,k}) \\
 &+ C_8 (n_i r_{,j} r_{,k} + n_j r_{,i} r_{,k}) \\
 &- C_9 (n_i \delta_{jk} + n_j \delta_{ik} + 3 n_k r_{,i} r_{,j}) \\
 &+ C_{10} n_k \delta_{ij}) / r^3
 \end{aligned}$$

Tensor  $E_{ij}$ :

Como:

$$V_i = U_{ij} n_j$$

Então tem-se que:

$$\begin{aligned} E_{ij} &= \lambda \frac{\partial}{\partial y_\ell} (U_{\ell k} - n_k) \delta_{ij} + \mu \left( \frac{\partial}{\partial y_j} (U_{ik} n_k) + \frac{\partial}{\partial y_i} (U_{jk} n_k) \right) \\ &= \left( \lambda \frac{\partial}{\partial y_\ell} (U_{\ell k}) \delta_{ij} + \mu \left( \frac{\partial}{\partial y_j} (U_{ik}) + \frac{\partial}{\partial y_i} (U_{jk}) \right) \right) n_k \\ &= D_{ijk} n_k \end{aligned} \quad (A-44)$$

Substituindo-se (A-42) em (A-44) obtêm-se:

$$E_{ij} = C_3 (n_m r_{,m} (\delta_{ij} + C_4 r_{,i} r_{,j}) - r_{,i} n_j - r_{,j} n_i) / r^2 \quad (A-45)$$

Tensor  $F_{ij}$ :

$$\begin{aligned} F_{ij} &= C_5 (2 \lambda n_m r_{,m} \delta_{ij} + 2 \mu (r_{,i} n_j + r_{,j} n_i \\ &\quad - n_m r_{,m} (3 r_{,i} r_{,j} - \delta_{ij}))) / r^2 \\ &= \frac{(1 + \nu)}{8 \pi (1 - \nu) E} \left( \frac{2 E \nu}{(1 + \nu) (1 - 2 \nu)} n_m r_{,m} \delta_{ij} \right. \\ &\quad + \frac{E}{(1 + \nu)} (r_{,i} n_j + r_{,j} n_i \\ &\quad \left. - n_m r_{,m} (3 r_{,i} r_{,j} - \delta_{ij})) \right) / r^2 \\ &= C_3 (n_m r_{,m} (\delta_{ij} / C_9 + 3 r_{,i} r_{,j}) \\ &\quad - r_{,i} n_j - r_{,j} n_i) / r^2 \end{aligned} \quad (A-46)$$

Tensor  $G_{ij}$ :

$$\begin{aligned}
 G_{ij} &= C_5 (-2 \lambda \delta_{ij} + 2 \mu (r_{,i} r_{,j} - \delta_{ij})) / r \\
 &= \frac{(1 + \nu)}{8 \pi E} \frac{(1 - 2 \nu)}{(1 - \nu)} \left( - \frac{2 E \nu}{(1 + \nu)(1 - 2 \nu)} \delta_{ij} \right. \\
 &\quad \left. + \frac{E}{(1 + \nu)} (r_{,i} r_{,j} - \delta_{ij}) \right) / r \\
 &= -C_3 (\delta_{ij} / C_9 + r_{,i} r_{,j}) / r \quad (A-47)
 \end{aligned}$$

Tensor  $H_{ij}$ :

$$\begin{aligned}
 H_{ij} &= -C_5 (\lambda n_m r_{,m} \delta_{ij} + \mu (r_{,i} n_j + r_{,j} n_i)) \\
 &= - \frac{(1 + \nu)}{8 \pi E} \frac{(1 - 2 \nu)}{(1 - \nu)} \left( \frac{E \nu}{(1 + \nu)(1 - 2 \nu)} n_m r_{,m} \delta_{ij} \right. \\
 &\quad \left. + \frac{E}{2(1 + \nu)} (r_{,i} n_j + r_{,j} n_i) \right) \\
 &= C_3 ((r_{,i} n_j + r_{,j} n_i) / 2 - C_{11} n_m r_{,m} \delta_{ij}) \quad (A-48)
 \end{aligned}$$

## A.5 - Constantes

Constantes Físicas:

$E$  = Módulo de Elasticidade

$\nu$  = Coeficiente de Poisson

$\alpha$  = Coeficiente de Dilatação Linear

Constantes de Lamé:

$$\mu = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

$$\lambda = \frac{E \nu}{(1 + \nu)(1 - 2 \nu)}$$

Constantes Auxiliares:

$$K_1 = \frac{\alpha E}{1 - 2v}$$

$$K_2 = \frac{1 - 2v}{16 \pi \mu (1 - v)} = \frac{(1 + v)(1 - 2v)}{8 \pi E (1 - v)}$$

$$C_1 = \frac{1}{16 \pi \mu (1 - v)} = \frac{1 + v}{8 \pi E (1 - v)}$$

$$C_2 = 3 - 4v$$

$$C_3 = \frac{2v - 1}{8 \pi (1 - v)}$$

$$C_4 = \frac{3}{2v - 1}$$

$$C_5 = K_2$$

$$C_6 = K_1$$

$$C_7 = \frac{E}{8 \pi (1 - v)(1 + v)}$$

$$C_8 = 3v$$

$$C_9 = 2v - 1$$

$$C_{10} = 4v - 1$$

$$C_{11} = \frac{v}{2v - 1}$$

$$C_{12} = \frac{v}{1 - v}$$

$$C_{13} = \frac{E}{1 + v}$$

$$C_{14} = \frac{E}{1 - v^2}$$

$$C_{15} = \frac{E v}{1 - v^2}$$

$$C_{16} = \frac{\alpha E}{1 - v}$$

## APÊNDICE B - Elemento Isoparamétrico Triangular Plano de Variação Linear

### B.1 - Sistemas de Coordenadas

Apresenta-se a seguir os vários sistemas de coordenadas utilizados no desenvolvimento do elemento, assim como as transformações entre os mesmos.

#### B.1.1 - Sistema de Coordenadas Triangulares

Pode-se interpretar o sistema de coordenadas triangulares como um sistema de coordenadas oblíquas  $\xi_1$ ,  $\xi_2$ , que variam de 0 a 1 sobre os lados do triângulo, conforme mostra a fig. B.1. A terceira coordenada  $\xi_3$  é definida como:

$$\xi_3 = 1 - \xi_1 - \xi_2 \quad (B-1)$$

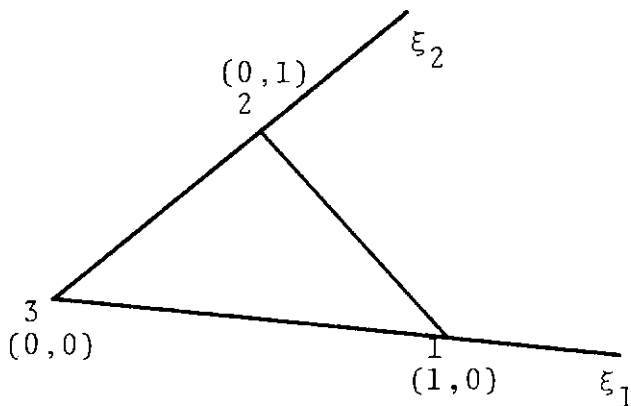


FIGURA B.1 - Sistema de coordenadas oblíquas.

As coordenadas triangulares também podem ser interpretadas como relações de áreas, conforme mostra a fig. B.2. Para o ponto Q tem-se que:

$$\xi_{\ell} = \frac{A_{\ell}}{A} \quad (B-2)$$

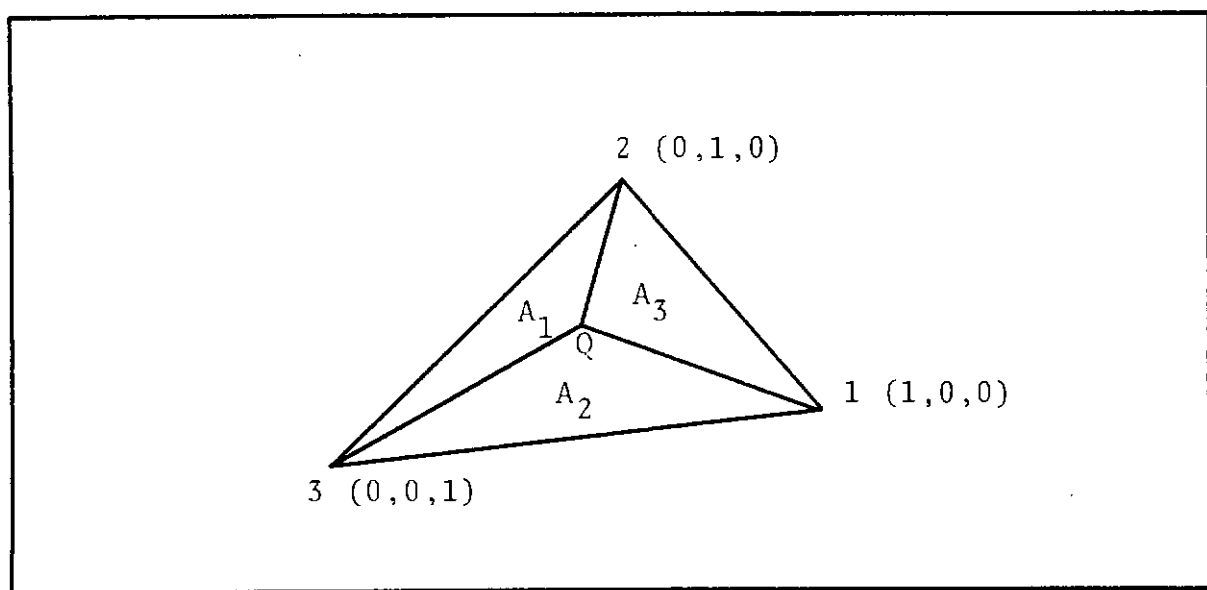


FIGURA B.2 - Sistema de coordenadas triangulares.

#### B.1.1.1 - Transformação do Sistema de Coordenadas Triangulares para o Sistema de Coordenadas Cartesianas

Deduz-se facilmente que:

$$x_i(Q) = \xi_{\ell}(Q) x_i^{\ell} \quad (B-3)$$

onde:

$x_i(Q)$  = coordenadas cartesianas do ponto Q

$\xi_{\ell}(Q)$  = coordenadas triangulares do ponto Q

$x_i^{\ell}$  = coordenadas cartesianas dos pontos nodais do elemento

Obtém-se a transformação do diferencial de área através do jacobiano, ou seja:

$$dS = J d\xi_1 d\xi_2 \quad (B-4)$$

sendo J o jacobiano da transformação, dado por:

$$J = \left| \left( \frac{\partial x_1}{\partial \xi_1}, \frac{\partial x_2}{\partial \xi_1}, \frac{\partial x_3}{\partial \xi_1} \right) \times \left( \frac{\partial x_1}{\partial \xi_2}, \frac{\partial x_2}{\partial \xi_2}, \frac{\partial x_3}{\partial \xi_2} \right) \right| \quad (B-5)$$

Diferenciando-se a equação (B-3), levando em conta (B-1), obtém-se:

$$\frac{\partial x_i}{\partial \xi_1} = x_i^1 - x_i^3$$

$$\frac{\partial x_i}{\partial \xi_2} = x_i^2 - x_i^3 \quad (B-6)$$

Observa-se que as diferenciais em (B-6) representam as coordenadas dos vetores formados por dois lados adjacentes do triângulo. Então o jacobiano, conforme (B-5), é igual ao módulo do produto vetorial desses dois vetores, ou seja, numericamente igual a duas vezes a área do triângulo:

$$J = 2 A \quad (B-7)$$

### B.1.1.2 - Transformação do Sistema de Coordenadas Cartesianas para o Sistema de Coordenadas Triangulares

Sabe-se que:

$$2 A_1 = \begin{vmatrix} n_1 & n_2 & n_3 \\ x_1^3 - x_1^2 & x_2^3 - x_2^2 & x_3^3 - x_3^2 \\ x_1 - x_1^2 & x_2 - x_2^2 & x_3 - x_3^2 \end{vmatrix} \quad (B-8)$$

Desenvolvendo-se o determinante obtém-se:

$$\begin{aligned} 2 A_1 = & (n_2 (x_3^3 - x_3^2) - n_3 (x_2^3 - x_2^2)) x_1 \\ & + (n_3 (x_1^3 - x_1^2) - n_1 (x_3^3 - x_3^2)) x_2 \\ & + (n_1 (x_2^3 - x_2^2) - n_2 (x_1^3 - x_1^2)) x_3 \\ & - (n_2 (x_3^3 - x_3^2) - n_3 (x_2^3 - x_2^2)) x_1^2 \\ & - (n_3 (x_1^3 - x_1^2) - n_1 (x_3^3 - x_3^2)) x_2^2 \\ & - (n_1 (x_2^3 - x_2^2) - n_2 (x_1^3 - x_1^2)) x_3^2 \end{aligned} \quad (B-9)$$

Considerando-se agora que:

$$\xi_{\ell} = c_{\ell k} x_k + c_{\ell 4} \quad (B-10)$$

pode-se obter facilmente os coeficientes  $c_{1k}$  e  $c_{14}$  substituindo-se (B-9) em (B-2). Os demais coeficientes são obtidos analogamente. E assim tem-se:



$$c_{11} = (n_2 (x_3^3 - x_3^2) - n_3 (x_2^3 - x_2^2)) / (2 A)$$

$$c_{12} = (n_3 (x_1^3 - x_1^2) - n_1 (x_3^3 - x_3^2)) / (2 A)$$

$$c_{13} = (n_1 (x_2^3 - x_2^2) - n_2 (x_1^3 - x_1^2)) / (2 A)$$

$$c_{21} = (n_2 (x_3^1 - x_3^3) - n_3 (x_2^1 - x_2^3)) / (2 A)$$

$$c_{22} = (n_3 (x_1^1 - x_1^3) - n_1 (x_3^1 - x_3^3)) / (2 A)$$

$$c_{23} = (n_1 (x_2^1 - x_2^3) - n_2 (x_1^1 - x_1^3)) / (2 A)$$

$$c_{31} = (n_2 (x_3^2 - x_3^1) - n_3 (x_2^2 - x_2^1)) / (2 A)$$

$$c_{32} = (n_3 (x_1^2 - x_1^1) - n_1 (x_3^2 - x_3^1)) / (2 A)$$

$$c_{33} = (n_1 (x_2^2 - x_2^1) - n_2 (x_1^2 - x_1^1)) / (2 A)$$

$$\begin{aligned} c_{14} = & -((n_2 (x_3^3 - x_3^2) - n_3 (x_2^3 - x_2^2)) x_1^2 \\ & + (n_3 (x_1^3 - x_1^2) - n_1 (x_3^3 - x_3^2)) x_2^2 \\ & + (n_1 (x_2^3 - x_2^2) - n_2 (x_1^3 - x_1^2)) x_3^2) / (2 A) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_{24} = & -((n_2 (x_3^1 - x_3^3) - n_3 (x_2^1 - x_2^3)) x_1^3 \\ & + (n_3 (x_1^1 - x_1^3) - n_1 (x_3^1 - x_3^3)) x_2^3 \\ & + (n_1 (x_2^1 - x_2^3) - n_2 (x_1^1 - x_1^3)) x_3^3) / (2 A) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_{34} = & -((n_2 (x_3^2 - x_3^1) - n_3 (x_2^2 - x_2^1)) x_1^1 \\ & + (n_3 (x_1^2 - x_1^1) - n_1 (x_3^2 - x_3^1)) x_2^1 \\ & + (n_1 (x_2^2 - x_2^1) - n_2 (x_1^2 - x_1^1)) x_3^1) / (2 A). \end{aligned} \quad (B-11)$$

### B.1.2 - Sistema Local de Coordenadas Cartesianas

Na fig. seguinte representa-se o sistema local de eixos cartesianos para um elemento genérico. O terceiro eixo coincide com a normal do elemento. O versor do segundo eixo é obtido pelo produto vetorial entre os versores do terceiro e do primeiro eixo.

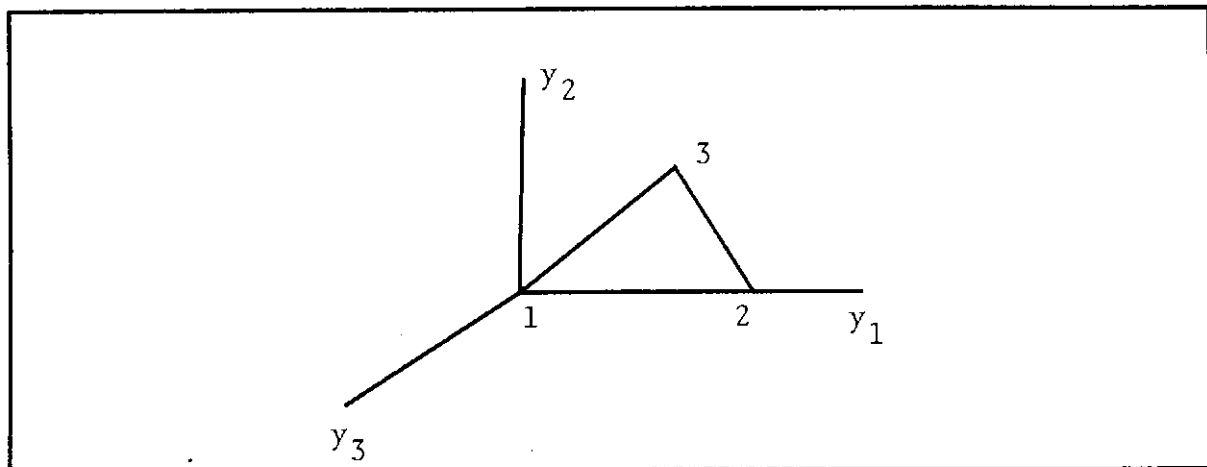


FIGURA B.3 - Sistema local de coordenadas cartesianas.

#### B.1.2.1 - Matriz de Rotação do Sistema Local para o Sistema Global, de Coordenadas Cartesianas

As colunas da matriz serão as coordenadas dos versores dos eixos do sistema local. O primeiro e o terceiro versor obtêm-se diretamente:

$$e_{i1} = (x_i^2 - x_i^1) / l_{12}$$

$$e_{i3} = n_i \quad (B-12)$$

onde:

$$l_{12} = \text{distância entre os pontos 1 e 2 do triângulo}$$

Efetuando-se o produto vetorial, obtêm-se o segundo versor.

E assim, tem-se os coeficientes da matriz:

$$e_{11} = (x_1^2 - x_1^1) / \ell_{12}$$

$$e_{21} = (x_2^2 - x_2^1) / \ell_{12}$$

$$e_{31} = (x_3^2 - x_3^1) / \ell_{12}$$

$$e_{12} = n_2 e_{31} - n_3 e_{21}$$

$$e_{22} = n_3 e_{11} - n_1 e_{31}$$

$$e_{32} = n_1 e_{21} - n_2 e_{11}$$

$$e_{13} = n_1$$

$$e_{23} = n_2$$

$$e_{33} = n_3 \tag{B-13}$$

Os coeficientes da matriz de rotação do sistema global para o sistema local, de coordenadas cartesianas, são dados por:

$$e'_{ij} = e_{ji} \tag{B-14}$$

pois como os sistemas são ortogonais, a inversa da matriz coincide com a sua transposta.

### B.1.2.2 - Transformação do Sistema Local para o Sistema Global, de Coordenadas Cartesianas

Transformação de pontos:

$$x_i = x_i^1 + e_{ij} y_j \quad (B-15)$$

Transformação de vetores:

$$v_i = e_{ij} v'_j \quad (B-16)$$

Transformação de tensores de segunda ordem:

$$t_{ij} = e'_{im} t'_{mk} e_{kj} \quad (B-17)$$

### B.1.2.3 - Transformação do Sistema Global para o Sistema Local, de Coordenadas Cartesianas

Transformação de pontos:

$$y_i = e'_{ij} (x_j - x_j^1) \quad (B-18)$$

Transformação de vetores:

$$v'_i = e'_{ij} v_j \quad (B-19)$$

Transformação de tensores de segunda ordem:

$$t'_{ij} = e_{im} t_{mk} e'_{kj} \quad (B-20)$$

B.1.3 - Transformação do Sistema Local de Coordenadas Cartesianas para o Sistema de Coordenadas Triangulares

No sistema local tem-se que:

$$n'_1 = 0$$

$$n'_2 = 0$$

$$n'_3 = 1$$

$$y^1_i = 0$$

$$y^2_2 = 0$$

$$y^2_3 = 0$$

$$y^3_3 = 0$$

(B-21)

Substituindo-se (B-21) em (B-11) obtêm-se:

$$c'_{11} = - y_2^3 / (2 A)$$

$$c'_{12} = (y_1^3 - \ell_{12}) / (2 A)$$

$$c'_{13} = 0$$

$$c'_{21} = - c_{11}$$

$$c'_{22} = - y_1^3 / (2 A)$$

$$c'_{23} = 0$$

$$c'_{31} = 0$$

$$c'_{32} = \ell_{12} / (2 A)$$

$$c'_{33} = 0$$

$$c'_{14} = 1$$

$$c'_{24} = 0$$

$$c'_{34} = 0 \tag{B-22}$$

Para obter-se as coordenadas triangulares aplica-se a equação:

$$\xi_{\ell} = c'_{\ell k} y_k + c'_{\ell 4} \tag{B-23}$$

## B.1.4 - Sistema Local de Coordenadas Polares

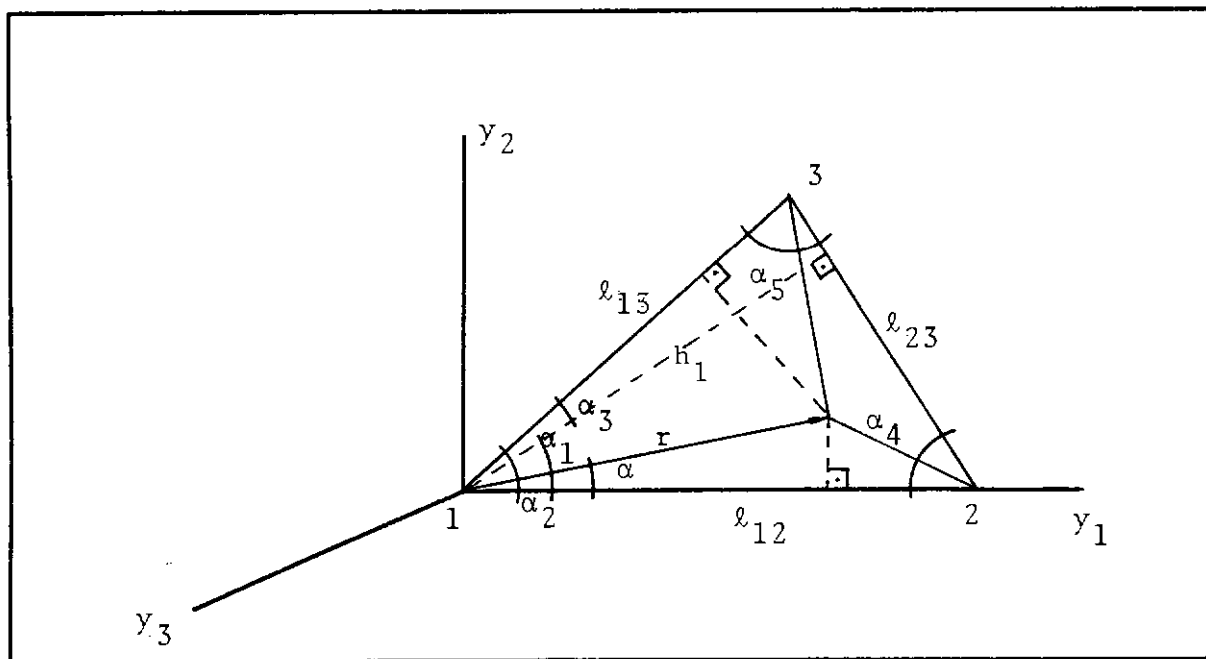


FIGURA B.4 - Sistema local de coordenadas cartesianas e coordenadas polares.

As coordenadas cartesianas no sistema local, em função das coordenadas polares, são obtidas por:

$$y_1 = r \cos \alpha$$

$$y_2 = r \sin \alpha$$

$$y_3 = 0 \quad (B-24)$$

A relação entre os diferenciais de área será:

$$dS = r dr d\alpha \quad (B-25)$$

Da fig. B.4 tem-se os limites de integração:

$$\alpha = 0, \alpha_2$$

$$r = 0, r_1 \quad (B-26)$$

onde:

$$r_1 = r_1(\alpha) = h_1 \cos^{-1}(\alpha_1 - \alpha)$$

## B.2 - Integração Analítica

### B.2.1 - Funções de Interpolação no Sistema Local de Coordenadas Polares

$$N^1 = 1 - N^2 - N^3$$

$$N^2 = L_{13} r \sin(\alpha_2 - \alpha)$$

$$N^3 = L_{12} r \sin \alpha \quad (B-27)$$

sendo:

$$L_{13} = \ell_{13} / (2 A)$$

$$L_{12} = \ell_{12} / (2 A) \quad (B-28)$$

onde:

$\ell_{12}$  e  $\ell_{13}$  são lados do triângulo (ver fig. B.4)

A = área do triângulo

### B.2.2 - Tensores e Vetores no Sistema Local de Coordenadas Polares

Como no sistema local de eixos:

$$n'_1 = 0$$

$$n'_2 = 0$$

$$n'_3 = 1$$

$$r'_{,1} = \cos \alpha$$

$$r'_{,2} = \sin \alpha$$

$$r'_{,3} = 0$$

$$n'_i r'_{,i} = 0 \quad (B-29)$$



Tem-se para o tensor de forças de superfície:

$$T'_{11} = 0$$

$$T'_{12} = 0$$

$$T'_{13} = - C_3 \cos \alpha / r^2$$

$$T'_{21} = 0$$

$$T'_{22} = 0$$

$$T'_{23} = - C_3 \sin \alpha / r^2$$

$$T'_{31} = - T'_{13}$$

$$T'_{32} = - T'_{23}$$

$$T'_{33} = 0$$

(B-30)

O tensor de deslocamentos será dado por:

$$U'_{11} = C_1 (C_2 + \cos^2 \alpha) / r$$

$$U'_{12} = C_1 \sin \alpha \cos \alpha / r$$

$$U'_{13} = 0$$

$$U'_{21} = U'_{12}$$

$$U'_{22} = C_1 (C_2 + \sin^2 \alpha) / r$$

$$U'_{23} = 0$$

$$U'_{31} = 0$$

$$U'_{32} = 0$$

$$U'_{33} = C_1 C_2 / r$$

(B-31)

E os vetores:

$$V'_1 = 0$$

$$V'_2 = 0$$

$$V'_3 = U'_{33}$$

$$X'_1 = 0$$

$$X'_2 = 0$$

$$X'_3 = C_5 / r = C_5 U'_{33} / (C_1 C_2)$$

$$Y'_1 = C_5 \cos \alpha$$

$$Y'_2 = C_5 \sin \alpha$$

$$Y'_3 = 0$$

$$Z'_1 = 0$$

$$Z'_2 = 0$$

$$Z'_3 = C_5 r \tag{B-32}$$

### B.2.3 - Desenvolvimento das Integrais

Além das variáveis definidas na fig. B.4, será muito útil definir-se:

$$t = \operatorname{tg} \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\alpha_3}{2} \right) / \operatorname{tg} \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha_1}{2} \right) \tag{B-33}$$

Integrais  $IT_{kn} N^k$ :

As integrais  $IT_{kn} N^1$ , juntamente com os coeficientes  $C_{ij}$  mencionados no capítulo III, formam os coeficientes das submatrizes diagonais da matriz A. Como esses coeficientes são calculados indiretamente a partir dos coeficientes das submatrizes não diagonais, conforme a equação (III-8), as integrais  $IT_{kn} N^1$  não necessitam ser calculadas.

$$\begin{aligned} IT_{13} N^2 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} T'_{13} - N^2 r \, dr \, d\alpha \\ &= -C_3 L_{13} \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} \cos \alpha \, \text{sen}(\alpha_2 - \alpha) \, dr \, d\alpha \\ &= -C_3 L_{13} h_1 I_1 \end{aligned} \quad (B-34)$$

$$I_1 = \int_0^{\alpha_2} \cos \alpha \, \text{sen}(\alpha_2 - \alpha) \cos^{-1}(\alpha_1 - \alpha) \, d\alpha \quad (B-35)$$

Fazendo-se uma mudança de variáveis:

$$\begin{aligned} \beta &= \alpha_1 - \alpha \\ d\beta &= -d\alpha \end{aligned} \quad (B-36)$$

E lembrando-se que (ver fig. B.4):

$$\alpha_3 = \alpha_2 - \alpha_1 \quad (B-37)$$

Então tem-se que:

$$\begin{aligned} I_1 &= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \cos(\alpha_1 - \beta) \, \text{sen}(\alpha_3 + \beta) \cos^{-1} \alpha \, d\beta \\ &= -\cos \alpha_1 \, \text{sen} \alpha_3 \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \cos \beta \, d\beta \\ &\quad - (\cos \alpha_1 \cos \alpha_3 + \text{sen} \alpha_1 \, \text{sen} \alpha_3) \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \text{sen} \beta \, d\beta \\ &\quad - \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_3 \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \text{sen}^2 \beta \cos^{-1} \beta \, d\beta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_1 &= -\cos\alpha_1 \sin\alpha_3 (-\sin\alpha_3 - \sin\alpha_1) \\
&- (\cos\alpha_1 \cos\alpha_3 + \sin\alpha_1 \sin\alpha_3) (\cos\alpha_1 - \cos\alpha_3) \\
&- \sin\alpha_1 \cos\alpha_3 (\sin\alpha_3 + \sin\alpha_1 + \ln t) \\
&= \cos\alpha_1 - \cos\alpha_3 (1 + \sin\alpha_1 \ln t)
\end{aligned} \tag{B-38}$$

Substituindo-se em (B-34) tem-se:

$$IT_{13} N^2 = C_3 L_{13} h_1 (\cos\alpha_3 (1 + \sin\alpha_1 \ln t) - \cos\alpha_1) \tag{B-39}$$

$$\begin{aligned}
IT_{13} N^3 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^r T'_{13} N^3 r dr d\alpha \\
&= -C_3 L_{12} \int_0^{\alpha_2} \int_0^r \cos\alpha \sin\alpha dr d\alpha \\
&= -C_3 L_{12} h_1 I_2
\end{aligned} \tag{B-40}$$

$$\begin{aligned}
I_2 &= \int_0^{\alpha_2} \cos\alpha \sin\alpha \cos^{-1}(\alpha_1 - \alpha) d\alpha \\
&= -\int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \cos(\alpha_1 - \beta) \sin(\alpha_1 - \beta) \cos^{-1}\beta d\beta \\
&= -\cos\alpha_1 \sin\alpha_1 (-\sin\alpha_3 - \sin\alpha_1) \\
&+ (\cos^2\alpha_1 - \sin^2\alpha_1) (\cos\alpha_1 - \cos\alpha_3) \\
&+ \sin\alpha_1 \cos\alpha_1 (\sin\alpha_3 + \sin\alpha_1 + \ln t) \\
&= \cos\alpha_1 (\sin\alpha_1 (2 \sin\alpha_3 + \ln t) + 1) \\
&+ (2 \sin^2\alpha_1 - 1) \cos\alpha_3
\end{aligned} \tag{B-41}$$

$$\begin{aligned}
 IT_{13}N^3 &= - C_3 L_{12} h_1 (\cos\alpha_1 (\sin\alpha_1 (2 \sin\alpha_3 + \ell n t) + 1) \\
 &+ (2 \sin^2\alpha_1 - 1) \cos\alpha_3) \quad (B-42)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 IT_{23}N^2 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} T'_{23} N^2 r dr d\alpha \\
 &= - C_3 L_{13} \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} \sin\alpha \sin(\alpha_2 - \alpha) dr d\alpha \\
 &= - C_3 L_{13} h_1 I_3 \quad (B-43)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_3 &= \int_0^{\alpha_2} \sin\alpha \sin(\alpha_2 - \alpha) \cos^{-1}(\alpha_1 - \alpha) d\alpha \\
 &= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \sin(\alpha_1 - \beta) \sin(\alpha_3 + \beta) \cos^{-1}\beta d\beta \\
 &= - \sin\alpha_1 \sin\alpha_3 (-\sin\alpha_3 - \sin\alpha_1) \\
 &+ (\cos\alpha_1 \sin\alpha_3 - \sin\alpha_1 \cos\alpha_3) (\cos\alpha_1 - \cos\alpha_3) \\
 &+ \cos\alpha_1 \cos\alpha_3 (\sin\alpha_3 + \sin\alpha_1 + \ell n t) \\
 &= \sin\alpha_1 + \sin\alpha_3 + \cos\alpha_1 \cos\alpha_3 \ell n t \quad (B-44)
 \end{aligned}$$

$$IT_{23}N^2 = - C_3 L_{13} h_1 (\sin\alpha_1 + \sin\alpha_3 + \cos\alpha_1 \cos\alpha_3 \ell n t) \quad (B-45)$$

$$\begin{aligned}
 IT_{23}N^3 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} T'_{23} N^3 r dr d\alpha \\
 &= - C_3 L_{12} \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} \sin^2\alpha dr d\alpha \\
 &= - C_3 L_{12} h_1 I_4 \quad (B-46)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_4 &= \int_0^{\alpha_2} \text{sen}^2 \alpha \cos^{-1}(\alpha_1 - \alpha) d\alpha \\
&= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \text{sen}^2(\alpha_1 - \beta) \cos^{-1} \beta d\beta \\
&= - \text{sen}^2 \alpha_1 (-\text{sen} \alpha_3 - \text{sen} \alpha_1) \\
&\quad + 2 \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_3) \\
&\quad - \cos^2 \alpha_1 (\text{sen} \alpha_3 + \text{sen} \alpha_1 + \ell n t) \\
&= (2 \text{sen}^2 \alpha_1 - 1) (\text{sen} \alpha_3 + \text{sen} \alpha_1) \\
&\quad + 2 \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_3) - \cos^2 \alpha_1 \ell n t \quad (B-47)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
IT_{23} N^3 &= - C_3 L_{12} h_1 (\text{sen} \alpha_3 (2 \text{sen}^2 \alpha_1 - 1) + \text{sen} \alpha_1 \\
&\quad - 2 \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 \cos \alpha_3 \\
&\quad - \cos^2 \alpha_1 \ell n t) \quad (B-48)
\end{aligned}$$

Integrais  $IU_{kn} N^\ell$ :

$$\begin{aligned}
IU_{11} N^1 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} U'_{11} N^1 r dr d\alpha \\
&= C_1 \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} (C_2 + \cos^2 \alpha) dr d\alpha \\
&\quad - IU_{11} N^2 - IU_{11} N^3 \\
&= C_1 h_1 I_5 - IU_{11} N^2 - IU_{11} N^3 \quad (B-49)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_5 &= \int_0^{\alpha_2} (C_2 + \cos^2 \alpha) \cos^{-1}(\alpha_1 - \alpha) d\alpha \\
&= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} (C_2 + \cos^2(\alpha_1 - \beta) \cos^{-1} \beta d\beta \\
&= - C_2 \ln t - I_6
\end{aligned} \tag{B-50}$$

$$\begin{aligned}
I_6 &= \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \cos^2(\alpha_1 - \beta) \cos^{-1} \beta d\beta \\
&= \cos^2 \alpha_1 (-\text{sen} \alpha_3 - \text{sen} \alpha_1) \\
&\quad + 2 \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_3) \\
&\quad + \text{sen}^2 \alpha_1 (\text{sen} \alpha_3 + \text{sen} \alpha_1 + \ln t) \\
&= (2 \text{sen}^2 \alpha_1 - 1) (\text{sen} \alpha_3 + \text{sen} \alpha_1) + \text{sen}^2 \alpha_1 \ln t \\
&\quad + 2 \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_3)
\end{aligned} \tag{B-51}$$

$$\begin{aligned}
IU_{11} N^1 &= - C_1 h_1 ((C_2 + \text{sen}^2 \alpha_1) \ln t + \text{sen} \alpha_1 \\
&\quad + (2 \text{sen}^2 \alpha_1 - 1) \text{sen} \alpha_3 \\
&\quad - 2 \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 \cos \alpha_3) \\
&\quad - IU_{11} N^2 - IU_{11} N^3
\end{aligned} \tag{B-52}$$

$$\begin{aligned}
 IU_{11} N^2 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} U'_{11} N^2 r dr d\alpha \\
 &= C_1 L_{13} \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} (C_2 + \cos^2 \alpha) \operatorname{sen}(\alpha_2 - \alpha) r dr d\alpha \\
 &= C_1 L_{13} (h_1)^2 I_7 / 2
 \end{aligned} \tag{B-53}$$

$$\begin{aligned}
 I_7 &= \int_0^{\alpha_2} (C_2 + \cos^2 \alpha) \operatorname{sen}(\alpha_2 - \alpha) \cos^{-2}(\alpha_1 - \alpha) d\alpha \\
 &= C_2 I_8 + I_9
 \end{aligned} \tag{B-54}$$

$$I_8 = \int_0^{\alpha_2} \operatorname{sen}(\alpha_2 - \alpha) \cos^{-2}(\alpha_1 - \alpha) d\alpha \tag{B-55}$$

$$I_9 = \int_0^{\alpha_2} \cos^2 \alpha \operatorname{sen}(\alpha_2 - \alpha) \cos^{-2}(\alpha_1 - \alpha) d\alpha \tag{B-56}$$

$$\begin{aligned}
 I_8 &= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \operatorname{sen}(\alpha_3 + \beta) \cos^{-2} \beta d\beta \\
 &= - \operatorname{sen} \alpha_3 \ln t - \cos \alpha_3 (\cos^{-1} \alpha_3 - \cos^{-1} \alpha_1) \\
 &= - \operatorname{sen} \alpha_3 \ln t - 1 + \cos \alpha_3 \cos^{-1} \alpha_1
 \end{aligned} \tag{B-57}$$

$$\begin{aligned}
 I_9 &= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \cos^2(\alpha_1 - \beta) \operatorname{sen}(\alpha_3 + \beta) \cos^{-2} \beta d\beta \\
 &= - \operatorname{sen} \alpha_3 \cos^2 \alpha_1 (- \operatorname{sen} \alpha_3 - \operatorname{sen} \alpha_1) \\
 &\quad - (2 \operatorname{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 \operatorname{sen} \alpha_3 + \cos \alpha_3 \cos^2 \alpha_1) (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_3) \\
 &\quad - (2 \operatorname{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 \cos \alpha_3 + \operatorname{sen} \alpha_3 \operatorname{sen}^2 \alpha_1) (\operatorname{sen} \alpha_3 + \operatorname{sen} \alpha_1 + \ln t) \\
 &\quad - \operatorname{sen}^2 \alpha_1 \cos \alpha_3 (\cos^{-1} \alpha_3 - \cos^{-1} \alpha_1 + \cos \alpha_3 - \cos \alpha_1)
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
I_9 &= 1 - 2 \operatorname{sen}^2 \alpha_1 - \operatorname{sen} \alpha_1 \operatorname{sen} \alpha_3 - \cos \alpha_1 \cos \alpha_3 \\
&- \operatorname{sen}^2 \alpha_1 \cos \alpha_3 (\cos^{-1} \alpha_3 - \cos^{-1} \alpha_1) \\
&- (2 \operatorname{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 \cos \alpha_3 + \operatorname{sen} \alpha_3 \operatorname{sen}^2 \alpha_1) \ell n t
\end{aligned} \tag{B-58}$$

$$\begin{aligned}
IU_{11} N^2 &= \frac{C_1 L_{13} (h_1)^2}{2} (C_2 (\cos \alpha_3 \cos^{-1} \alpha_1 - 1 - \operatorname{sen} \alpha_3 \ell n t) \\
&+ 1 - 2 \operatorname{sen}^2 \alpha_1 - \operatorname{sen} \alpha_1 \operatorname{sen} \alpha_3 \\
&- \cos \alpha_1 \cos \alpha_3 \\
&- \operatorname{sen}^2 \alpha_1 \cos \alpha_3 (\cos^{-1} \alpha_3 - \cos^{-1} \alpha_1) \\
&- (2 \operatorname{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 \cos \alpha_3 + \operatorname{sen} \alpha_3 \operatorname{sen}^2 \alpha_1) \ell n t)
\end{aligned} \tag{B-59}$$

$$\begin{aligned}
IU_{11} N^3 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} U'_{11} N^3 r \, dr \, d\alpha \\
&= C_1 L_{12} \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} (C_2 + \cos^2 \alpha) \operatorname{sen} \alpha \, r \, dr \, d\alpha \\
&= C_1 L_{12} (h_1)^2 I_{10} / 2
\end{aligned} \tag{B-60}$$

$$\begin{aligned}
I_{10} &= \int_0^{\alpha_2} (C_2 + \cos^2 \alpha) \operatorname{sen} \alpha \cos^{-2} (\alpha_1 - \alpha) \, d\alpha \\
&= C_2 I_{11} + I_{12}
\end{aligned} \tag{B-61}$$

$$I_{11} = \int_0^{\alpha_2} \operatorname{sen} \alpha \cos^{-2} (\alpha_1 - \alpha) \, d\alpha \tag{B-62}$$

$$I_{12} = \int_0^{\alpha_2} \operatorname{sen} \alpha \cos^2 \alpha \cos^{-2} (\alpha_1 - \alpha) \, d\alpha \tag{B-63}$$

$$\begin{aligned}
 I_{11} &= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \text{sen}(\alpha_1 - \beta) \cos^{-2} \beta \, d\beta \\
 &= - \text{sen} \alpha_1 \, \ell n t + \cos \alpha_1 (\cos^{-1} \alpha_3 - \cos^{-1} \alpha_1) \\
 &= - \text{sen} \alpha_1 \, \ell n t - 1 + \cos \alpha_1 \cos^{-1} \alpha_3 \quad (\text{B-64})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{12} &= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \text{sen}(\alpha_1 - \beta) \cos^2(\alpha_1 - \beta) \cos^{-2} \beta \, d\beta \\
 &= - \text{sen} \alpha_1 \cos^2 \alpha_1 (-\text{sen} \alpha_3 - \text{sen} \alpha_1) \\
 &\quad - (2 \text{sen}^2 \alpha_1 \cos \alpha_1 - \cos \alpha_1 \cos^2 \alpha_1) (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_3) \\
 &\quad - (\text{sen} \alpha_1 \text{sen}^2 \alpha_1 - 2 \text{sen} \alpha_1 \cos^2 \alpha_1) (\text{sen} \alpha_3 + \text{sen} \alpha_1 + \ell n t) \\
 &\quad + \text{sen}^2 \alpha_1 \cos \alpha_1 (\cos^{-1} \alpha_3 - \cos^{-1} \alpha_1 - \cos \alpha_1 + \cos \alpha_3) \\
 &= 3 (\text{sen} \alpha_1 \text{sen} \alpha_3 + \cos \alpha_1 \cos \alpha_3) - 2 \\
 &\quad - 4 (\text{sen}^3 \alpha_1 \text{sen} \alpha_3 + \cos^3 \alpha_1 \cos \alpha_3) + 3 \cos^2 \alpha_1 \\
 &\quad + \text{sen}^2 \alpha_1 \cos \alpha_1 \cos^{-1} \alpha_3 - \text{sen} \alpha_1 (3 \text{sen}^2 \alpha_1 - 2) \ell n t \quad (\text{B-65})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 IU_{11} N^3 &= \frac{C_1 L_{12} (h_1)^2}{2} (C_2 (\cos \alpha_1 \cos^{-1} \alpha_3 - 1 - \text{sen} \alpha_1 \ell n t) \\
 &\quad + 3 (\text{sen} \alpha_1 \text{sen} \alpha_3 + \cos \alpha_1 \cos \alpha_3) \\
 &\quad - 4 (\text{sen}^3 \alpha_1 \text{sen} \alpha_3 + \cos^3 \alpha_1 \cos \alpha_3) \\
 &\quad + 1 - 3 \text{sen}^2 \alpha_1 + \text{sen}^2 \alpha_1 \cos \alpha_1 \cos^{-1} \alpha_3 \\
 &\quad - \text{sen} \alpha_1 (3 \text{sen}^2 \alpha_1 - 2) \ell n t) \quad (\text{B-66})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 IU_{12}N^1 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} U'_{12} N^1 r dr d\alpha \\
 &= C_1 \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} \text{sen}\alpha \cos\alpha dr d\alpha - IU_{12}N^2 - IU_{12}N^3 \\
 &= C_1 h_1 I_{13} - IU_{12}N^2 - IU_{12}N^3 \quad (B-67)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{13} &= \int_0^{\alpha_2} \text{sen}\alpha \cos\alpha \cos^{-1}(\alpha_1 - \alpha) d\alpha \\
 &= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \text{sen}(\alpha_1 - \beta) \cos(\alpha_1 - \beta) \cos^{-1}\beta d\beta \\
 &= - \text{sen}\alpha_1 \cos\alpha_1 (-\text{sen}\alpha_3 - \text{sen}\alpha_1) \\
 &\quad - (\text{sen}^2\alpha_1 - \cos^2\alpha_1) (\cos\alpha_1 - \cos\alpha_3) \\
 &\quad + \text{sen}\alpha_1 \cos\alpha_1 (\text{sen}\alpha_3 + \text{sen}\alpha_1 + \ell n t) \\
 &= (\text{sen}^2\alpha_1 - \cos^2\alpha_1) \cos\alpha_3 + \cos\alpha_1 \\
 &\quad + \text{sen}\alpha_1 \cos\alpha_1 (2 \text{sen}\alpha_3 + \ell n t) \quad (B-68)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 IU_{12}N_1 &= C_1 h_1 (\cos\alpha_1 + (2 \text{sen}^2\alpha_1 - 1) \cos\alpha_3 \\
 &\quad + \text{sen}\alpha_1 \cos\alpha_1 (2 \text{sen}\alpha_3 + \ell n t)) \\
 &\quad - IU_{12}N^2 - IU_{12}N^3 \quad (B-69)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 IU_{12}N^2 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} U'_{12} N^2 r dr d\alpha \\
 &= C_1 L_{13} \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} \text{sen}\alpha \cos\alpha \text{sen}(\alpha_2 - \alpha) r dr d\alpha \\
 &= C_1 L_{13} (h_1)^2 I_{14} / 2 \quad (B-70)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_{14} &= \int_0^{\alpha_2} \text{sen} \alpha \cos \alpha \text{sen}(\alpha_2 - \alpha) \cos^{-2}(\alpha_1 - \alpha) d\alpha \\
&= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \text{sen}(\alpha_1 - \beta) \cos(\alpha_1 - \beta) \text{sen}(\alpha_3 + \beta) \cos^{-2} \beta d\beta \\
&= - \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 \text{sen} \alpha_3 (- \text{sen} \alpha_3 - \text{sen} \alpha_1) \\
&\quad - ((\text{sen}^2 \alpha_1 - \cos^2 \alpha_1) \text{sen} \alpha_3 - \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 \cos \alpha_3) (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_3) \\
&\quad + ((\text{sen}^2 \alpha_1 - \cos^2 \alpha_1) \cos \alpha_3 + \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 \text{sen} \alpha_3) (\text{sen} \alpha_3 + \text{sen} \alpha_1 + \ln t) \\
&\quad - \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 \cos \alpha_3 (\cos^{-1} \alpha_3 - \cos^{-1} \alpha_1 - \cos \alpha_1 + \cos \alpha_3) \\
&= 2 \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 (\text{sen}^2 \alpha_3 - \cos^2 \alpha_3) + \cos \alpha_1 \text{sen} \alpha_3 \\
&\quad + 2 \text{sen} \alpha_3 \cos \alpha_3 (\text{sen}^2 \alpha_1 - \cos^2 \alpha_1) + 2 \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_3 \\
&\quad - \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 + ((2 \text{sen}^2 \alpha_1 - 1) \cos \alpha_3 + \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 \text{sen} \alpha_3) \ln t
\end{aligned}$$

(B-71)

$$\begin{aligned}
IU_{12} N^2 &= \frac{C_1 L_{13} (h_1)^2}{2} (2 \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 (2 \text{sen}^2 \alpha_3 - 1) \\
&\quad + \cos \alpha_1 \text{sen} \alpha_3 + 2 \text{sen} \alpha_3 \cos \alpha_3 (2 \text{sen}^2 \alpha_1 - 1) \\
&\quad + 2 \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_3 - \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 \\
&\quad + ((2 \text{sen}^2 \alpha_1 - 1) \cos \alpha_3 + \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 \text{sen} \alpha_3) \ln t)
\end{aligned}$$

(B-72)

$$\begin{aligned}
IU_{12} N^3 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} U'_{12} N^3 r dr d\alpha \\
&= C_1 L_{12} \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} \text{sen}^2 \alpha \cos \alpha r dr d\alpha
\end{aligned}$$

$$IU_{12}N^3 = C_1 L_{12} (h_1)^2 I_{15} / 2 \quad (B-73)$$

$$\begin{aligned} I_{15} &= \int_0^{\alpha_2} \sin^2 \alpha \cos \alpha \cos^{-2}(\alpha_1 - \alpha) d\alpha \\ &= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \sin^2(\alpha_1 - \beta) \cos(\alpha_1 - \beta) \cos^{-2} \beta d\beta \\ &= - \sin^2 \alpha_1 \cos \alpha_1 (- \sin \alpha_3 - \sin \alpha_1) \\ &\quad - (\sin^2 \alpha_1 - 2 \cos^2 \alpha_1) \sin \alpha_1 (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_3) \\ &\quad + (2 \sin^2 \alpha_1 - \cos^2 \alpha_1) \cos \alpha_1 (\sin \alpha_3 + \sin \alpha_1 + \ln t) \\ &= (4 \sin^2 \alpha_1 - 1) \cos \alpha_1 \sin \alpha_3 + 3 \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 \\ &\quad + (4 \sin^2 \alpha_1 - 3) \sin \alpha_1 \cos \alpha_3 - \sin \alpha_1 \cos^2 \alpha_1 \cos^{-1} \alpha_3 \\ &\quad + (3 \sin^2 \alpha_1 - 1) \cos \alpha_1 \ln t \end{aligned} \quad (B-74)$$

$$\begin{aligned} IU_{12}N^3 &= \frac{C_1 L_{12} (h_1)^2}{2} (3 \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 + (3 \sin^2 \alpha_1 - 1) \cos \alpha_1 \ln t \\ &\quad + (4 \sin^2 \alpha_1 - 1) \cos \alpha_1 \sin \alpha_3 \\ &\quad + (4 \sin^2 \alpha_1 - 3) \sin \alpha_1 \cos \alpha_3 \\ &\quad - \sin \alpha_1 \cos^2 \alpha_1 \cos^{-1} \alpha_3) \end{aligned} \quad (B-75)$$

$$\begin{aligned} IU_{22}N^1 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} U'_{22} N^1 r dr d\alpha \\ &= C_1 \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} (C_2 + \sin^2 \alpha) dr d\alpha - IU_{22}N^2 - IU_{22}N^3 \\ &= C_1 h_1 I_{16} - IU_{22}N^2 - IU_{22}N^3 \end{aligned} \quad (B-76)$$

$$\begin{aligned}
I_{16} &= \int_0^{\alpha_2} (C_2 + \sin^2 \alpha) \cos^{-1}(\alpha_1 - \alpha) d\alpha \\
&= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} (C_2 + 1 - \cos^2(\alpha_1 - \beta)) \cos^{-1} \beta d\beta \\
&= - (C_2 + 1) \ln t + I_6
\end{aligned} \tag{B-77}$$

$$\begin{aligned}
IU_{22}N^1 &= C_1 h_1 ((2 \sin^2 \alpha_1 - 1) \sin \alpha_3 + \sin \alpha_1 \\
&\quad - (C_2 + \cos^2 \alpha_1) \ln t - 2 \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 \cos \alpha_3) \\
&\quad - IU_{22}N^2 - IU_{22}N^3
\end{aligned} \tag{B-78}$$

$$\begin{aligned}
IU_{22}N^2 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} U'_{22} N^2 r dr d\alpha \\
&= C_1 L_{13} \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} (C_2 + \sin^2 \alpha) \sin(\alpha_2 - \alpha) r dr d\alpha \\
&= C_1 L_{13} (h_1)^2 I_{17} / 2
\end{aligned} \tag{B-79}$$

$$\begin{aligned}
I_{17} &= \int_0^{\alpha_2} (C_2 + 1 - \cos^2 \alpha) \sin(\alpha_2 - \alpha) \cos^{-2}(\alpha_1 - \alpha) d\alpha \\
&= (C_2 + 1) I_8 - I_9
\end{aligned} \tag{B-80}$$

$$\begin{aligned}
IU_{22}N^2 &= \frac{C_1 L_{13} (h_1)^2}{2} ((C_2 + 1) (\cos \alpha_3 \cos^{-1} \alpha_1 - 1 - \operatorname{sen} \alpha_3 \ell n t) \\
&- (1 - 2 \operatorname{sen}^2 \alpha_1 - \operatorname{sen} \alpha_1 \operatorname{sen} \alpha_3 \\
&- \cos \alpha_1 \cos \alpha_3 \\
&- \operatorname{sen}^2 \alpha_1 \cos \alpha_3 (\cos^{-1} \alpha_3 - \cos^{-1} \alpha_1) \\
&- (2 \operatorname{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 \cos \alpha_3 + \operatorname{sen} \alpha_3 \operatorname{sen}^2 \alpha_1) \ell n t))
\end{aligned}
\tag{B-81}$$

$$\begin{aligned}
IU_{22}N^3 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^r U'_{22} N^3 r \, dr \, d\alpha \\
&= C_1 L_{12} \int_0^{\alpha_2} \int_0^r (C_2 + \operatorname{sen}^2 \alpha) \operatorname{sen} \alpha \, r \, dr \, d\alpha \\
&= C_1 L_{12} (h_1)^2 I_{18} / 2
\end{aligned}
\tag{B-82}$$

$$\begin{aligned}
I_{18} &= \int_0^{\alpha_2} (C_2 + 1 - \cos^2 \alpha) \operatorname{sen} \alpha \cos^{-2}(\alpha_1 - \alpha) \, d\alpha \\
&= (C_2 + 1) I_{11} - I_{12}
\end{aligned}
\tag{B-83}$$

$$\begin{aligned}
IU_{22}N^3 &= \frac{C_1 L_{12} (h_1)^2}{2} ((C_2 + 1) (\cos \alpha_1 \cos^{-1} \alpha_3 - 1 - \operatorname{sen} \alpha_1 \ell n t) \\
&- (3 (\operatorname{sen} \alpha_1 \operatorname{sen} \alpha_3 + \cos \alpha_1 \cos \alpha_3) \\
&- 4 (\operatorname{sen}^3 \alpha_1 \operatorname{sen} \alpha_3 + \cos^3 \alpha_1 \cos \alpha_3) \\
&+ 1 - 3 \operatorname{sen}^2 \alpha_1 + \operatorname{sen}^2 \alpha_1 \cos \alpha_1 \cos^{-1} \alpha_3 \\
&- \operatorname{sen} \alpha_1 (3 \operatorname{sen}^2 \alpha_1 - 2) \ell n t))
\end{aligned}
\tag{B-84}$$

$$\begin{aligned}
IU_{33}N^1 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} U'_{33} N^1 r dr d\alpha \\
&= C_1 C_2 \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} dr d\alpha - IU_{33}N^2 - IU_{33}N^3 \\
&= C_1 C_2 h_1 I_{19} - IU_{33}N^2 - IU_{33}N^3
\end{aligned} \tag{B-85}$$

$$\begin{aligned}
I_{19} &= \int_0^{\alpha_2} \cos^{-1}(\alpha_1 - \alpha) d\alpha \\
&= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \cos^{-1}\beta d\beta \\
&= \ell n t
\end{aligned} \tag{B-86}$$

$$IU_{33}N^1 = - C_1 C_2 h_1 \ell n t - IU_{33}N^2 - IU_{33}N^3 \tag{B-87}$$

$$\begin{aligned}
IU_{33}N^2 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} U'_{33} N^2 r dr d\alpha \\
&= C_1 C_2 L_{13} \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} \text{sen}(\alpha_2 - \alpha) r dr d\alpha \\
&= C_1 C_2 L_{13} (h_1)^2 I_{20} / 2
\end{aligned} \tag{B-88}$$

$$\begin{aligned}
I_{20} &= \int_0^{\alpha_2} \text{sen}(\alpha_2 - \alpha) \cos^{-2}(\alpha_1 - \alpha) d\alpha \\
&= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \text{sen}(\alpha_3 + \beta) \cos^{-2}\beta d\beta \\
&= - \text{sen}_3 \ell n t - \cos\alpha_3 (\cos^{-1}\alpha_3 - \cos^{-1}\alpha_1) \\
&= - \text{sen}\alpha_3 \ell n t - 1 + \cos\alpha_3 \cos^{-1}\alpha_1
\end{aligned} \tag{B-89}$$



$$IU_{33}N^2 = \frac{C_1 C_2 L_{13} (h_1)^2}{2} (\cos \alpha_3 \cos^{-1} \alpha_1 - \operatorname{sen} \alpha_3 \ell n t - 1) \quad (B-90)$$

$$\begin{aligned} IU_{33}N^3 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} U'_{33} N^3 r dr d\alpha \\ &= C_1 C_2 L_{12} \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} \operatorname{sen} \alpha r dr d\alpha \\ &= C_1 C_2 L_{12} (h_1)^2 I_{21} / 2 \end{aligned} \quad (B-91)$$

$$\begin{aligned} I_{21} &= \int_0^{\alpha_2} \operatorname{sen} \alpha \cos^{-2}(\alpha_1 - \alpha) d\alpha \\ &= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \operatorname{sen}(\alpha_1 - \beta) \cos^{-2} \beta d\beta \\ &= - \operatorname{sen} \alpha_1 \ell n t + \cos \alpha_1 (\cos^{-1} \alpha_3 - \cos^{-1} \alpha_1) \end{aligned} \quad (B-92)$$

$$IU_{33}N^3 = \frac{C_1 C_2 L_{12} (h_1)^2}{2} (\cos \alpha_1 \cos^{-1} \alpha_3 - \operatorname{sen} \alpha_1 \ell n t - 1) \quad (B-93)$$

Integrais  $IY_n N^\ell$ :

$$\begin{aligned} IY_1 N^1 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} Y'_1 N^1 r dr d\alpha \\ &= C_5 \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} \cos \alpha r dr d\alpha - IY_1 N^2 - IY_1 N^3 \\ &= C_5 (h_1)^2 I_{22} / 2 - IY_1 N^2 - IY_1 N^3 \end{aligned} \quad (B-94)$$

$$I_{22} = \int_0^{\alpha_2} \cos \alpha \cos^{-2}(\alpha_1 - \alpha) d\alpha$$

$$\begin{aligned}
 I_{22} &= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \cos(\alpha_1 - \beta) \cos^{-2} \beta \, d\beta \\
 &= - \cos \alpha_1 \, \ell n t - \operatorname{sen} \alpha_1 (\cos^{-1} \alpha_3 - \cos^{-1} \alpha_1) \quad (B-95)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 IY_1 N^1 &= - \frac{C_5 (h_1)^2}{2} (\operatorname{sen} \alpha_1 (\cos^{-1} \alpha_1 - \cos^{-1} \alpha_3) - \cos \alpha_1 \, \ell n t) \\
 &\quad - IY_1 N^2 - IY_1 N^3 \quad (B-96)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 IY_1 N^2 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} Y_1' N^2 r \, dr \, d\alpha \\
 &= C_5 L_{13} \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} \cos \alpha \, \operatorname{sen}(\alpha_2 - \alpha) r^2 \, dr \, d\alpha \\
 &= C_5 L_{13} (h_1)^3 I_{23} / 3 \quad (B-97)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{23} &= \int_0^{\alpha_2} \cos \alpha \, \operatorname{sen}(\alpha_2 - \alpha) \cos^{-3}(\alpha_1 - \alpha) \, d\alpha \\
 &= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \cos(\alpha_1 - \beta) \operatorname{sen}(\alpha_3 + \beta) \cos^{-3} \beta \, d\beta \\
 &= - \cos \alpha_1 \operatorname{sen} \alpha_3 \, \ell n t \\
 &\quad - (\cos \alpha_1 \cos \alpha_3 + \operatorname{sen} \alpha_1 \operatorname{sen} \alpha_3) (\cos^{-1} \alpha_3 - \cos^{-1} \alpha_1) \\
 &\quad + \frac{\operatorname{sen} \alpha_1 \cos \alpha_3}{2} (\operatorname{sen} \alpha_3 \cos^{-2} \alpha_3 + \operatorname{sen} \alpha_1 \cos^{-2} \alpha_1 + \ell n t) \quad (B-98)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 IY_1 N^2 &= \frac{C_5 L_{13} (h_1)^3}{3} \left( \frac{\text{sen}\alpha_1 \cos\alpha_3}{2} - (\text{sen}\alpha_3 \cos^{-2}\alpha_3 \right. \\
 &\quad + \left. \text{sen}\alpha_1 \cos^{-2}\alpha_1 + \ell n t) \right. \\
 &\quad - (\cos\alpha_1 \cos\alpha_3 + \text{sen}\alpha_1 \text{sen}\alpha_3) (\cos^{-1}\alpha_3 - \cos^{-1}\alpha_1) \\
 &\quad \left. - \cos\alpha_1 \text{sen}\alpha_3 \ell n t \right) \quad (B-99)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 IY_1 N^3 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} Y_1' N^3 r dr d\alpha \\
 &= C_5 L_{12} \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} \cos\alpha \text{sen}\alpha r^2 dr d\alpha \\
 &= C_5 L_{12} (h_1)^3 I_{24} / 3 \quad (B-100)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{24} &= \int_0^{\alpha_2} \cos\alpha \text{sen}\alpha \cos^{-3}(\alpha_1 - \alpha) d\alpha \\
 &= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \cos(\alpha_1 - \beta) \text{sen}(\alpha_1 - \beta) \cos^{-3}\beta d\beta \\
 &= - \cos\alpha_1 \text{sen}\alpha_1 \ell n t \\
 &\quad - (\text{sen}^2\alpha_1 - \cos^2\alpha_1) (\cos^{-1}\alpha_3 - \cos^{-1}\alpha_1) \\
 &\quad + \frac{\text{sen}\alpha_1 \cos\alpha_1}{2} (\text{sen}\alpha_3 \cos^{-2}\alpha_3 + \text{sen}\alpha_1 \cos^{-2}\alpha_1 + \ell n t) \quad (B-101)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
IY_1 N^3 &= \frac{C_5 L_{12} (h_1)^3}{3} \left( \frac{\text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1}{2} (\text{sen} \alpha_3 \cos^{-2} \alpha_3 \right. \\
&+ \text{sen} \alpha_1 \cos^{-2} \alpha_1 + \ln t) \\
&- (2 \text{sen}^2 \alpha_1 - 1) (\cos^{-1} \alpha_3 - \cos^{-1} \alpha_1) \\
&- \cos \alpha_1 \text{sen} \alpha_1 \ln t) \quad (B-102)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
IY_2 N^1 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} Y_2' N^1 r \, dr \, d\alpha \\
&= C_5 \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} \text{sen} \alpha \, r \, dr \, d\alpha - IY_2 N^2 - IY_2 N^3 \\
&= C_5 (h_1)^2 I_{21} / 2 - IY_2 N^2 - IY_2 N^3 \quad (B-103)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
IY_2 N^1 &= \frac{C_5 (h_1)^2}{2} (\cos \alpha_1 \cos^{-1} \alpha_3 - \text{sen} \alpha_1 \ln t - 1) \\
&- IY_2 N^2 - IY_2 N^3 \quad (B-104)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
IY_2 N^2 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} Y_2' N^2 r \, dr \, d\alpha \\
&= C_5 L_{13} \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} \text{sen} \alpha \, \text{sen}(\alpha_2 - \alpha) r^2 \, dr \, d\alpha \\
&= C_5 L_{13} (h_1)^3 I_{25} / 3 \quad (B-105)
\end{aligned}$$

$$I_{25} = \int_0^{\alpha_2} \text{sen} \alpha \, \text{sen}(\alpha_2 - \alpha) \cos^{-3}(\alpha_1 - \alpha) \, d\alpha$$

$$\begin{aligned}
I_{25} &= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \text{sen}(\alpha_1 - \beta) \text{sen}(\alpha_3 + \beta) \cos^{-3} \beta \, d\beta \\
&= - \text{sen} \alpha_1 \text{sen} \alpha_3 \, \ell n t \\
&\quad - (\text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_3 - \text{sen} \alpha_3 \cos \alpha_1) (\cos^{-1} \alpha_3 - \cos^{-1} \alpha_1) \\
&\quad - \frac{\cos \alpha_1 \cos \alpha_3}{2} (\text{sen} \alpha_3 \cos^{-2} \alpha_3 + \text{sen} \alpha_1 \cos^{-2} \alpha_1 + \ell n t)
\end{aligned} \tag{B-106}$$

$$\begin{aligned}
I_{Y_2} N^2 &= \frac{C_5 L_{13} (h_1)^3}{3} (- \text{sen} \alpha_1 \text{sen} \alpha_3 \, \ell n t \\
&\quad - (\text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_3 - \text{sen} \alpha_3 \cos \alpha_1) (\cos^{-1} \alpha_3 - \cos^{-1} \alpha_1) \\
&\quad - \frac{\cos \alpha_1 \cos \alpha_3}{2} (\text{sen} \alpha_3 \cos^{-2} \alpha_3 + \text{sen} \alpha_1 \cos^{-2} \alpha_1 + \ell n t))
\end{aligned} \tag{B-107}$$

$$\begin{aligned}
I_{Y_2} N^3 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} Y'_2 N^3 r \, dr \, d\alpha \\
&= C_5 L_{12} \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} \text{sen}^2 \alpha \, r^2 \, dr \, d\alpha \\
&= C_5 L_{12} (h_1)^3 I_{26} / 3
\end{aligned} \tag{B-108}$$

$$\begin{aligned}
I_{26} &= \int_0^{\alpha_2} \text{sen}^2 \alpha \cos^{-3} (\alpha_1 - \alpha) \, d\alpha \\
&= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \text{sen}^2 (\alpha_1 - \beta) \cos^{-3} \beta \, d\beta \\
&= - \text{sen}^2 \alpha_1 \, \ell n t + 2 \text{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 (\cos^{-1} \alpha_3 - \cos^{-1} \alpha_1) \\
&\quad - \frac{\cos^2 \alpha_1}{2} (\text{sen} \alpha_3 \cos^{-2} \alpha_3 + \text{sen} \alpha_1 \cos^{-2} \alpha_1 + \ell n t)
\end{aligned} \tag{B-109}$$

$$\begin{aligned}
IY_2 N^3 &= \frac{C_5 L_{12} (h_1)^3}{3} (-\operatorname{sen}^2 \alpha_1 \ell n t \\
&+ 2 \operatorname{sen} \alpha_1 \cos \alpha_1 (\cos^{-1} \alpha_3 - \cos^{-1} \alpha_1) \\
&- \frac{\cos^2 \alpha_1}{2} (\operatorname{sen} \alpha_3 \cos^{-2} \alpha_3 + \operatorname{sen} \alpha_1 \cos^{-2} \alpha_1 + \ell n t))
\end{aligned}$$

(B-110)

Integrais  $IZ_n N^\ell$ :

$$\begin{aligned}
IZ_3 N^1 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} Z'_3 N^1 r \, dr \, d\alpha \\
&= C_5 \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} r^2 \, dr \, d\alpha - IZ_3 N^2 - IZ_3 N^3 \\
&= C_5 (h_1)^3 I_{27} / 3 - IZ_3 N^2 - IZ_3 N^3
\end{aligned}$$

(B-111)

$$\begin{aligned}
I_{27} &= \int_0^{\alpha_2} \cos^{-3} (\alpha_1 - \alpha) \, d\alpha \\
&= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \cos^{-3} \beta \, d\beta \\
&= (\operatorname{sen} \alpha_3 \cos^{-2} \alpha_3 + \operatorname{sen} \alpha_1 \cos^{-2} \alpha_1 - \ell n t) / 2
\end{aligned}$$

(B-112)

$$\begin{aligned}
IZ_3 N^1 &= \frac{C_5 (h_1)^3}{6} (\operatorname{sen} \alpha_3 \cos^{-2} \alpha_3 + \operatorname{sen} \alpha_1 \cos^{-2} \alpha_1 - \ell n t) \\
&\Rightarrow IZ_3 N^2 - IZ_3 N^3
\end{aligned}$$

(B-113)

$$\begin{aligned}
 IZ_3 N^2 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} z'_3 N^2 r dr d\alpha \\
 &= C_5 L_{13} \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} \text{sen}(\alpha_2 - \alpha) r^3 dr d\alpha \\
 &= C_5 L_{13} (h_1)^4 I_{28} / 4
 \end{aligned} \tag{B-114}$$

$$\begin{aligned}
 I_{28} &= \int_0^{\alpha_2} \text{sen}(\alpha_2 - \alpha) \cos^{-4}(\alpha_1 - \alpha) d\alpha \\
 &= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \text{sen}(\alpha_3 + \beta) \cos^{-4}\beta d\beta \\
 &= \frac{\text{sen}\alpha_3}{2} (\text{sen}\alpha_3 \cos^{-2}\alpha_3 + \text{sen}\alpha_1 \cos^{-2}\alpha_1 - \ell n t) \\
 &\quad - \cos\alpha_3 (\cos^{-3}\alpha_3 - \cos^{-3}\alpha_1)
 \end{aligned} \tag{B-115}$$

$$\begin{aligned}
 IZ_3 N^2 &= \frac{C_5 L_{13} (h_1)^4}{4} \left( \frac{\text{sen}\alpha_3}{2} (\text{sen}\alpha_3 \cos^{-2}\alpha_3 \right. \\
 &\quad + \text{sen}\alpha_1 \cos^{-2}\alpha_1 - \ell n t) \\
 &\quad \left. - \cos\alpha_3 (\cos^{-3}\alpha_3 - \cos^{-3}\alpha_1) \right)
 \end{aligned} \tag{B-116}$$

$$\begin{aligned}
 IZ_3 N^3 &= \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} z'_3 N^3 r dr d\alpha \\
 &= C_5 L_{12} \int_0^{\alpha_2} \int_0^{r_1} \text{sen}\alpha r^3 dr d\alpha \\
 &= C_5 L_{12} (h_1)^4 I_{29} / 4
 \end{aligned} \tag{B-117}$$

$$\begin{aligned}
I_{29} &= \int_0^{\alpha_2} \text{sen} \alpha \cos^{-4}(\alpha_1 - \alpha) d\alpha \\
&= - \int_{\alpha_1}^{-\alpha_3} \text{sen}(\alpha_1 - \beta) \cos^{-4} \beta d\beta \\
&= \frac{\text{sen} \alpha_1}{2} (\text{sen} \alpha_3 \cos^{-2} \alpha_3 + \text{sen} \alpha_1 \cos^{-2} \alpha_1 - \ell n t) \\
&\quad + \cos \alpha_1 (\cos^{-3} \alpha_3 - \cos^{-3} \alpha_1) \quad (B-118)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_{Z_3} N^3 &= \frac{C_5 L_{12} (h_1)^4}{4} \left( -\frac{\text{sen} \alpha_1}{2} (\text{sen} \alpha_3 \cos^{-2} \alpha_3 \right. \\
&\quad + \text{sen} \alpha_1 \cos^{-2} \alpha_1 - \ell n t) \\
&\quad \left. + \cos \alpha_1 (\cos^{-3} \alpha_3 - \cos^{-3} \alpha_1) \right) \quad (B-119)
\end{aligned}$$

#### B.2.4 - Fórmulas Finais das Integrais:

$$I_{T_{kn}} N^1 = ? \text{ (não necessitam serem calculadas)} \quad (B-120)$$

$$I_{T_{11}} N^2 = 0 \quad (B-121)$$

$$I_{T_{12}} N^2 = 0 \quad (B-122)$$

$$I_{T_{13}} N^2 = \dots \quad (B-39)$$

$$I_{T_{13}} N^3 = \dots \quad (B-42)$$

$$I_{T_{21}} N^2 = 0 \quad (B-123)$$



$$IT_{22}N^{\ell} = 0 \quad (B-124)$$

$$IT_{23}N^2 = \dots \quad (B-45)$$

$$IT_{23}N^3 = \dots \quad (B-48)$$

$$IT_{31}N^{\ell} = - IT_{13}N^{\ell} \quad (B-125)$$

$$IT_{32}N^{\ell} = - IT_{23}N^{\ell} \quad (B-126)$$

$$IT_{33}N^{\ell} = 0 \quad (B-127)$$

$$IU_{11}N^1 = \dots \quad (B-52)$$

$$IU_{11}N^2 = \dots \quad (B-59)$$

$$IU_{11}N^3 = \dots \quad (B-66)$$

$$IU_{12}N^1 = \dots \quad (B-69)$$

$$IU_{12}N^2 = \dots \quad (B-72)$$

$$IU_{12}N^3 = \dots \quad (B-75)$$

$$IU_{13}N^{\ell} = 0 \quad (B-128)$$

$$IU_{21}N^{\ell} = IU_{12}N^{\ell} \quad (B-129)$$

$$IU_{22}N^1 = \dots \quad (B-78)$$

$$IU_{22}N^2 = \dots \quad (B-81)$$

$$IU_{22}N^3 = \dots \quad (B-84)$$

$$IU_{23}N^\ell = 0 \quad (B-130)$$

$$IU_{31}N^\ell = 0 \quad (B-131)$$

$$IU_{32}N^\ell = 0 \quad (B-132)$$

$$IU_{33}N^1 = \dots \quad (B-87)$$

$$IU_{33}N^2 = \dots \quad (B-90)$$

$$IU_{33}N^3 = \dots \quad (B-93)$$

$$IV_1N^\ell = 0 \quad (B-133)$$

$$IV_2N^\ell = 0 \quad (B-134)$$

$$IV_3N^\ell = IU_{33}N^\ell \quad (B-135)$$

$$IX_1N^\ell = 0 \quad (B-136)$$

$$IX_2N^\ell = 0 \quad (B-137)$$

$$IX_3N^\ell = C_5 IU_{33}N^\ell / (C_1 C_2) \quad (B-138)$$

$$IY_1 N_1 = \dots \quad (B-96)$$

$$IY_1 N^2 = \dots \quad (B-99)$$

$$IY_1 N^3 = \dots \quad (B-102)$$

$$IY_2 N^1 = \dots \quad (B-104)$$

$$IY_2 N^2 = \dots \quad (B-107)$$

$$IY_2 N^3 = \dots \quad (B-110)$$

$$IY_3 N^\ell = 0 \quad (B-139)$$

$$IZ_1 N^\ell = 0 \quad (B-140)$$

$$IZ_2 N^\ell = 0 \quad (B-141)$$

$$IZ_3 N^1 = \dots \quad (B-113)$$

$$IZ_3 N^2 = \dots \quad (B-116)$$

$$IZ_3 N^3 = \dots \quad (B-119)$$

---

#### B.2.5 - Ângulos e Funções Trigonômétricas Utilizados nas Fórmulas das Integrais

Da fig. B.4 tem-se que:

$$h_1 = 2 A / \ell_{23}$$

$$\text{sen}\alpha_4 = h_1 / \ell_{12}$$

$$\text{cos}\alpha_4 = ((\ell_{12})^2 + (\ell_{23})^2 - (\ell_{13})^2) / (2 \ell_{12} \ell_{23})$$

$$\text{sen}\alpha_5 = h_1 / \ell_{13}$$

$$\text{cos}\alpha_5 = ((\ell_{13})^2 + (\ell_{23})^2 - (\ell_{12})^2) / (2 \ell_{13} \ell_{23})$$

$$\alpha_1 = \pi/2 - \alpha_4$$

$$\alpha_3 = \pi/2 - \alpha_5 \quad (\text{B-142})$$

onde:

A = área do triângulo

Então:

$$\text{sen}\alpha_1 = \text{cos}\alpha_4$$

$$\text{cos}\alpha_1 = \text{sen}\alpha_4$$

$$\text{sen}\alpha_3 = \text{cos}\alpha_5$$

$$\text{cos}\alpha_3 = \text{sen}\alpha_5 \quad (\text{B-143})$$

Considerando que:

$$\pi/4 - \alpha_3 / 2 = \alpha_5 / 2$$

$$\pi/4 + \alpha_1 / 2 = \pi/2 - \alpha_4 / 2 \quad (\text{B-144})$$

Então pode-se escrever (B-33) como:

$$t = \text{tg}(\alpha_5 / 2) / \text{tg}(\pi/2 - \alpha_4 / 2) \quad (\text{B-145})$$

## APENDICE C - Listagem do Programa

```

$ SL: OWN LINEINFO SLQ 100010+10 RESET FREE LIST
FILE 4 (KIND = REMOTE, MYUSE=10)
FILE 5 (FILETYPE = 7)
FILE 6 (TITLE = 'SALET/RESOLTA00S.',
- AREAS = 1,
- AREASIZE = 1,
- MAXRECSIZE = 22,
- FLEXIBLE = .TRUE.,
- PROTECTION = SAVE)
FILE 7 (TITLE = 'SALET/REGISTROS.',
- AREAS = 1,
- AREASIZE = 1,
- MAXRECSIZE = 22,
- FLEXIBLE = .TRUE.,
- PROTECTION = SAVE)
FILE 8 (KIND = PACK,
- TITLE = 'SALET/MATRIZ/SISTEMA.',
- AREAS = 1,
- AREASIZE = 1,
- FLEXIBLE = .TRUE.)
FILE 9 (KIND = PACK,
- TITLE = 'SALET/DESLOCAMENTOS/CONTORNO.',
- AREAS = 1,
- AREASIZE = 1,
- MAXRECSIZE = 3,
- BLOCKSIZE = 180,
- FLEXIBLE = .TRUE.,
- PROTECTION = SAVE)
FILE 10 (KIND = PACK,
- TITLE = 'SALET/DESLOCAMENTOS/INTERIOR.',
- AREAS = 1,
- AREASIZE = 1,
- MAXRECSIZE = 3,
- BLOCKSIZE = 180,
- FLEXIBLE = .TRUE.,
- PROTECTION = SAVE)
FILE 11 (KIND = PACK,
- TITLE = 'SALET/FORÇAS/DE/SUPERFICIE.',
- AREAS = 1,
- AREASIZE = 1,
- MAXRECSIZE = 9,
- BLOCKSIZE = 270,
- FLEXIBLE = .TRUE.,
- PROTECTION = SAVE)
FILE 12 (KIND = PACK,
- TITLE = 'SALET/TENSOES/NBS/ELEMENTOS.',
- AREAS = 1,
- AREASIZE = 1,
- MAXRECSIZE = 54,
- BLOCKSIZE = 310,
- FLEXIBLE = .TRUE.,
- PROTECTION = SAVE)
FILE 13 (KIND = PACK,
- TITLE = 'SALET/TENSOES/NBS/INTERIOR.',
- AREAS = 1,
- AREASIZE = 1,
- MAXRECSIZE = 18,
- BLOCKSIZE = 540,

```

```

PRINC001
PRINC002
PRINC003
PRINC004
PRINC005
PRINC006
PRINC007
PRINC008
PRINC009
PRINC010
PRINC011
PRINC012
PRINC013
PRINC014
PRINC015
PRINC016
PRINC017
PRINC018
PRINC019
PRINC020
PRINC021
PRINC022
PRINC023
PRINC024
PRINC025
PRINC026
PRINC027
PRINC028
PRINC029
PRINC030
PRINC031
PRINC032
PRINC033
PRINC034
PRINC035
PRINC036
PRINC037
PRINC038
PRINC039
PRINC040
PRINC041
PRINC042
PRINC043
PRINC044
PRINC045
PRINC046
PRINC047
PRINC048
PRINC049
PRINC050
PRINC051
PRINC052
PRINC053
PRINC054
PRINC055
PRINC056
PRINC057
PRINC058

```

- FLEXIBLE = .TRUE.,	PRINC059
- PROTECTION = SAVE)	PRINC060
FILE 14(KIND = PACK,	PRINC061
- TITLE = 'SALET/TENSOES/ND0A1S.',	PRINC062
- AREAS = 1,	PRINC063
- AREASIZE = 1,	PRINC064
- MAXRECSIZE = 18,	PRINC065
- BLOCKSIZE = 540,	PRINC066
- FLEXIBLE = .TRUE.,	PRINC067
- PROTECTION = SAVE)	PRINC068
C	PRINC069
C	PRINC070
C	PRINC071
CPAG	PRINC072

C		PRINC073
C		PRINC074
C	-----	PRINC075
C	-----	PRINC076
C---		---PRINC077
C---		---PRINC078
C---	S. A. L. E. T.	---PRINC079
C---	SISTEMA PARA ANALISE LINEAR	---PRINC080
C---	EM ELASTICIDADE TRIDIMENSIONAL	---PRINC081
C---		---PRINC082
C---	METODO DOS ELEMENTOS DE CONFORMO	---PRINC083
C---	ELEMENTO TRIANGULAR PLANO DE	---PRINC084
C---	VARIACAO LINEAR.	---PRINC085
C---		---PRINC086
C---	TESE DE MESTRADO - COPPE/CIVIL	---PRINC087
C---	AUTOR: CLAUDIO LUIZ CURGIFTO	---PRINC088
C---		---PRINC089
C---	MARCO/1981.	---PRINC090
C---		---PRINC091
C---		---PRINC092
C	-----	PRINC093
C	-----	PRINC094
C		PRINC095
CPAG		PRINC096



C			PRINC097
C			PRINC098
C	-----	DEFINICAO DAS VARIAVEIS GLOBAIS.	PRINC099
C			PRINC100
C	LOGICAL		PRINC101
C	-	EXPES.	PRINC102
C	-	EXEPT.	PRINC103
C	-	IMPM.	PRINC104
C	-	IMP.	PRINC105
C	-	NROT.	PRINC106
C	-	RESUL	PRINC107
C			PRINC108
C	COMMON		PRINC109
C	-	/ARQUI/	Z ARQUIVOS
C	-	NAL.	Z ARQUIVO DE LEITURA DOS REGISTROS
C	-	NAT.	Z ARQUIVO DE IMPRESSAO DE DADOS
C	-	NAR.	Z ARQUIVO DE IMPRESSAO DOS REGISTROS
C	-	NAH.	Z ARQUIVO DA MATRIZ DO SISTEMA
C	-	NADC.	Z ARQUIVO DOS DESLOCAMENTOS NO CONFORMO
C	-	NADI.	Z ARQUIVO DOS DESLOCAMENTOS NO INTERIOR
C	-	NAFS.	Z ARQUIVO DAS FORÇAS DE SUPERFICIE
C	-	NATE.	Z ARQUIVO DAS TENSÕES NOS ELEMENTOS
C	-	NATI.	Z ARQUIVO DAS TENSÕES NO INTERIOR
C	-	NATN	Z ARQUIVO DAS TENSÕES MODAIS (MÉDIAS)
C	-		Z
C	-	/CARRE/	Z CARREGAMENTO
C	-	NCA.	Z NUMERO DO CARREGAMENTO ATUAL
C	-	NCC.	Z NUMERO DE CASOS DE CARREGAMENTO
C	-	NMCC.	Z NUMERO MAXIMO DE CASOS DE CARREGAMENTO
C	-	RNCA (12).	Z NOME DO CARREGAMENTO ATUAL
C	-	RNOMC (12, 1)	Z NOMES DOS CARREGAMENTOS
C	-		Z
C	-	/CONET/	Z CONETIVIDADE
C	-	NEL.	Z NUMERO DE ELEMENTOS
C	-	NME.	Z NUMERO MAXIMO DE ELEMENTOS
C	-	ICON (3, 1001)	Z CONETIVIDADE DO ELEMENTOS
C	-		Z
C	-	/CONST/	Z CONSTANTES
C	-	E.	Z MODULO DE ELASTICIDADE
C	-	CP.	Z COEFICIENTE DE POISSON
C	-	PE.	Z PESO ESPECIFICO
C	-	EOL.	Z COEFICIENTE DE DILATAÇÃO LINEAR
C	-	NPICG.	Z NUMERO DE PONTOS DE INTEGRACAO
C	-		Z PARA PONTOS DO CONTO RNO GERAL
C	-	NPICE.	Z NUMERO DE PONTOS DE INTEGRACAO
C	-		Z PARA PONTOS DO CONTO RNO QUANDO
C	-		Z O PONTO DE APLICACAO DA CARGA
C	-		Z UNITARIA PERTENCE AO ELEMENTO
C	-	NPIL.	Z NUMERO DE PONTOS DE INTEGRACAO
C	-		Z PARA PONTOS DO INTERIOR
C	-	UD.	Z UNIDADE DE DESLOCAMENTO
C	-		Z IGUAL A MAIOR DISTANCIA ENTRE
C	-		Z DOIS PONTOS DO CONTO RNO
C	-	UF.	Z UNIDADE DE FORÇA DE SUPERFICIE
C	-		Z IGUAL AO MODULO DE ELASTICIDADE
C	-	SIE (16).	Z CONSTANTES FISICAS
C	-	RM (3, 202).	Z FUNCAO DE FORMA GEOMETRICA
C	-	RN (3, 202)	Z FUNCAO DE FORMA DE FUNCOES

C	-	X	PRINC155
C	-	X CONTOURNO	PRINC156
C	-	X NUMERO DE NOS DO CONTOURNO	PRINC157
C	-	X NUMERO MAXIMO DE NOS DO CONTOURNO	PRINC158
C	-	X COORDENADAS DO CONTOURNO	PRINC159
C	-	X	PRINC160
C	-	X DESLOCAMENTOS	PRINC161
C	-	X DESLOCAMENTOS NODAIS DO CONTOURNO	PRINC162
C	-	X	PRINC163
C	-	X ESTATISTICA	PRINC164
C	-	X INDICA TERMINACAO NORMAL DE ANALISE	PRINC165
C	-	X INDICA IMPRESSAO DA MATRIZ DO SISTEMA	PRINC166
C	-	X NUMERO DE REGISTROS LIDOS	PRINC167
C	-	X NUMERO DE ERROS	PRINC168
C	-	X TEMPOS DE PROCESSADOR	PRINC169
C	-	X 1 -> PROCESS - ANALISE	PRINC170
C	-	X 2 -> I/O - IOEM	PRINC171
C	-	X 3 -> PROCESS - ENTRADA E SAIDA DE	PRINC172
C	-	X DADOS	PRINC173
C	-	X 4 -> I/O - IOEM	PRINC174
C	-	X	PRINC175
C	-	X FORCAS DE SUPERFICIE	PRINC176
C	-	X FORCAS DE SUPERFICIE NODAIS	PRINC177
C	-	X FORCAS DE SUPERFICIE NOS ELEMENTOS	PRINC178
C	-	X	PRINC179
C	-	X VARIAVEIS LOGICAS	PRINC180
C	-	X CADA BIT DE CADA ELEMENTO DO VETOR	PRINC181
C	-	X CONTEM UMA INFORMACAO LOGICA OU SEJA	PRINC182
C	-	X PODE SER .TRUE. OU .FALSE. (1 OU 0)	PRINC183
C	-	X INDICANDO PARA O CASO DO BIT N DO	PRINC184
C	-	X ELEMENTO I DO VETOR SER .TRUE.:	PRINC185
C	-	X 1 - DIRECAO X DO NO I RESTRITA	PRINC186
C	-	X 2 - DIRECAO Y DO NO I RESTRITA	PRINC187
C	-	X 3 - DIRECAO Z DO NO I RESTRITA	PRINC188
C	-	X 4 - DIRECAO X DO ELEMENTO I RESTRITA	PRINC189
C	-	X 5 - DIRECAO Y DO ELEMENTO I RESTRITA	PRINC190
C	-	X 6 - DIRECAO Z DO ELEMENTO I RESTRITA	PRINC191
C	-	X 7 - NO I COM PELO MENOS UMA RESTRICAO	PRINC192
C	-	X 8 - COORDENADA DO NO I DO CONTOURNO	PRINC193
C	-	X LIDA	PRINC194
C	-	X 9 - COORDENADA DO NO I DO INTERIOR	PRINC195
C	-	X LIDA	PRINC196
C	-	X 10 - NO I PERTENCE A PELO MENOS UM	PRINC197
C	-	X ELEMENTO	PRINC198
C	-	X 11 - CONECTIVIDADE DO ELEMENTO I LIDA	PRINC199
C	-	X	PRINC200
C	-	X INCOGNITAS	PRINC201
C	-	X NUMERO DE INCOGNITAS	PRINC202
C	-	X NUMERO MAXIMO DE INCOGNITAS	PRINC203
C	-	X NUMERO DE DESLOCAMENTOS	PRINC204
C	-	X NUMERO DE DESLOCAMENTOS PRESCRITOS	PRINC205
C	-	X NUMERO DE DESLOCAMENTOS INCOGNITOS	PRINC206
C	-	X NUMERO DE FORCAS DE SUP. INCOGNITAS	PRINC207
C	-	X MATRIZ DOS TERMOS INDEPENDENTES DO	PRINC208
C	-	X SISTEMA DE EQUACOES E DEPOIS FICA	PRINC209
C	-	X SENDO A MATRIZ DAS INCOGNITAS.	PRINC210
C	-	X	PRINC211
C	-	X INTERIOR	PRINC212

C	-	NNI.	% NUMERO DE NOS DO INTERIOR	PRINC213
C	-	NNMI.	% NUMERO MAXIMO DE NOS DO INTERIOR	PRINC214
C	-	XI (3, 1001)	% COORDENADAS DO INTERIOR	PRINC215
C	-		%	PRINC216
C	-	/LISTA/	% LISTA DE NOS DO ELEMENTOS	PRINC217
C	-	NNOS.	% NUMERO DE NOS DO ELEMENTOS	PRINC218
C	-	LIST (1001)	% LISTA DE NOS DO ELEMENTOS	PRINC219
C	-		%	PRINC220
C	-	/NORMA/	% NORMAL E JACOBIANO	PRINC221
C	-	VN (3, 1001)	% VETOR NORMAL DO ELEMENTOS	PRINC222
C	-	G (1001)	% JACOBIANO DOS ELEMENTOS	PRINC223
C	-		%	PRINC224
C	-	/PESOP/	% PESO PROPRIO	PRINC225
C	-	EXPES.	% INDICA CARREG. DE PESO PROPRIO	PRINC226
C	-	AG (3).	% VETOR DE ACELERACAO GRAVITACIONAL	PRINC227
C	-	FI (1001).	% POTENCIAL GRAVITACIONAL ESPECIFICO	PRINC228
C	-	GFI (1001)	% GRADIENTE DO POTENCIAL GRAV. ESPECIFICO	PRINC229
C	-		%	PRINC230
C	-	/REGIS/	% REGISTROS LIDOS	PRINC231
C	-	IES.	% INDICE DO ELEMENTO SINTACTICO ATUAL	PRINC232
C	-	NES.	% NUMERO DE ELEMENTOS SINTACTICOS DO	PRINC233
C	-		% REGISTRO LOGICO ATUAL	PRINC234
C	-	ITIP (101).	% LISTA CONTENDO OS TIPOS DOS ELEMENTOS	PRINC235
C	-		% SINTACTICOS:	PRINC236
C	-		% 1 => COMANDO	PRINC237
C	-		% 2 => NUMERO	PRINC238
C	-	RLIS (101).	% LISTA CONTENDO VALORES QUE DEPENDEM DO	PRINC239
C	-		% TIPO DO ELEMENTO SINTACTICO:	PRINC240
C	-		% 1 => NUMERO DO COMANDO	PRINC241
C	-		% 2 => VALOR DO NUMERO	PRINC242
C	-	IAPR.	% APONTADOR DO CARACTER ATUAL DO REGISTRO	PRINC243
C	-	IREG (72).	% REGISTRO ATUAL	PRINC244
C	-	IAPI.	% APONTADOR INICIAL DO ELEMENTO SINTACTICO	PRINC245
C	-	COM (54).	% TABELA DE PALAVRAS-CHAVE	PRINC246
C	-	NTC	% NUMERO TOTAL DE COMANDOS	PRINC247
C	-		%	PRINC248
C	-	/SISTE/	% SISTEMA DE REFERENCIA	PRINC249
C	-	NROT.	% INDICA NAQ ROTACAO DO SISTEMA	PRINC250
C	-		% COORDENADAS DA ORIGEM ATUAL	PRINC251
C	-	XO.	%	PRINC252
C	-	YO.	%	PRINC253
C	-	ZO.	%	PRINC254
C	-		% COEFICIENTES DE ROTACAO	PRINC255
C	-	RXX.	%	PRINC256
C	-	RXY.	%	PRINC257
C	-	RXZ.	%	PRINC258
C	-	RYX.	%	PRINC259
C	-	RYY.	%	PRINC260
C	-	RYZ.	%	PRINC261
C	-	RZX.	%	PRINC262
C	-	RZY.	%	PRINC263
C	-	RZZ.	%	PRINC264
C	-		%	PRINC265
C	-	/TEMP/	% TEMPERATURA	PRINC266
C	-	EXTPE.	% INDICA CARREGAMENTO DE EFEITO DE TEMP.	PRINC267
C	-	CO.	% CONSTANTE KO	PRINC268
C	-	TEMP (1001).	% TEMPERATURAS NODAIS DO CONTOURNO	PRINC269
C	-	GRAD (3, 1001).	% GRADIENTES DE TEMPERATURA DOS ELEMENTOS	PRINC270

C	-	TEMPI (1001)	Z	TEMPERATURAS NOAIS DO INTERIOR	PRINC271
C	-		Z		PRINC272
C	-	/TITUL/	Z	TITULO	PRINC273
C	-	NLIN.	Z	NUMERO DA LINHA DE IMPRESSAO ATUAL	PRINC274
C	-	NMLIN.	Z	NUMERO MAXIMO DE LINHAS POR PAGINA	PRINC275
C	-	RNOME (12, 3).	Z	NOME DO TRABALHO	PRINC276
C	-	DAF (2).	Z	DATA NO FORMATO DD.MM.AA	PRINC277
C	-	HOR (2).	Z	HORAS NO FORMATO HH:MM:SS	PRINC278
C	-	NPAG.	Z	NUMERO DA PAGINA ATUAL	PRINC279
C	-	IMP	Z	INDICA SAIDA EM IMPRESSORA	PRINC280
C					PRINC281
CPAG					PRINC282

C		PRINC283
C		PRINC284
C	-----	PRINC285
C		PRINC286
C	PROGRAMA PRINCIPAL	PRINC287
C		PRINC288
C	-----	PRINC289
C		PRINC290
C		PRINC291
C	COORDENA O FLUXO DO PROGRAMA	PRINC292
C	DETERMINADO PELOS COMANDOS.	PRINC293
C		PRINC294
C		PRINC295
C	-----	PRINC296
C	VARIAVEIS GLOBAIS:	PRINC297
C		PRINC298
C	LOGICAL	PRINC299
C	- IMP	PRINC300
C		PRINC301
C	COMMON	PRINC302
C	- /ARQUI/ NAL, NAI, NAR	PRINC303
C	- /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101), IAPR	PRINC304
C	- /TITUL/ NLIN, NMLIN, RNome (12, 3), DAT (2), HOR (2), NPAG, IMP	PRINC305
C		PRINC306
C	-----	PRINC307
C	VARIAVEIS LOCAIS:	PRINC308
C		PRINC309
C	INTEGER	PRINC310
C	- IAUX,                   Z VARIAVEL AUXILIAR	PRINC311
C	- TIPO                   Z TIPO DO ARQUIVO DE IMPRESSAO	PRINC312
C		PRINC313
C	-----	PRINC314
C	PROCEDIMENTOS.	PRINC315
C		PRINC316
C	-----	PRINC317
C	INQUIRE (NAI, KIND = TIPO)	PRINC318
C	CHANGE (NAR, KIND = TIPO)	PRINC319
C	IMP = TIPO .NE. VALUE (REMOTE)	PRINC320
C	IF (IMP) GO TO 100	PRINC321
C	NAR = NAI	PRINC322
C	NMLIN = 20	PRINC323
C	CHANGE (NAI, MYUSE = VALUE (ID))	PRINC324
C	INQUIRE (NAL, KIND = TIPO)	PRINC325
C	IF (TIPO .EQ. VALUE (REMOTE)) NAL = NAI	PRINC326
C	100 CONTINUE	PRINC327
C	CALL DATA (DAT)	PRINC328
C	CALL HORAS (HOR)	PRINC329
C	IAUX = NAI	PRINC330
C	NAI = NAR	PRINC331
C	CALL PAGIN (NMLIN*1, .TRUE., 'REGISTROS LIDOS', 3, 1)	PRINC332
C	NAI = IAUX	PRINC333
C	IAPR = 73	PRINC334
C	IES = 1	PRINC335
C	NES = 0	PRINC336
C		PRINC337
C	-----	PRINC338
C	LEITURA DE COMANDOS.	PRINC339
C		PRINC340
C	110 CONTINUE	PRINC340

IF (IES .GT. NES) CALL SCAN	PRINC341
IF (NES .EQ. 0) GO TO 110	PRINC342
IF (IIMP (IES) .NE. 1) GO TO 900	PRINC343
IAUX = RLIS (IES)	PRINC344
GO TO (120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210,	PRINC345
- 220, 230, 240, 250, 900, 900, 900, 900, 900, 900,	PRINC346
- 900, 260, 270, 280, 290, 900, 900, 900, 900, 900,	PRINC347
- 900, 900, 900, 900, 900, 900, 900, 900, 900, 900,	PRINC348
- 900, 900, 900, 900, 900, 900, 900, 900, 900, 900,	PRINC349
- 900, 900, 300, 300) IAUX	PRINC350
GO TO 900	PRINC351
120 CALL LIFU	PRINC352
GO TO 110	PRINC353
130 CALL LDOOR	PRINC354
GO TO 110	PRINC355
140 CALL LDORE	PRINC356
GO TO 110	PRINC357
150 CALL LCONS	PRINC358
GO TO 110	PRINC359
160 CALL LREST	PRINC360
GO TO 110	PRINC361
170 CALL LOPRE	PRINC362
GO TO 110	PRINC363
180 CALL LFCAR (.FALSE.)	PRINC364
GO TO 110	PRINC365
190 CALL ANALI	PRINC366
GO TO 110	PRINC367
200 CALL IMPRI	PRINC368
GO TO 110	PRINC369
210 CALL FINAL	PRINC370
GO TO 110	PRINC371
220 CALL LFORC	PRINC372
GO TO 110	PRINC373
230 CALL LTEMP	PRINC374
GO TO 110	PRINC375
240 CALL LGRAD	PRINC376
GO TO 110	PRINC377
250 CALL LPESO	PRINC378
GO TO 110	PRINC379
260 CALL SOMAR	PRINC380
GO TO 110	PRINC381
270 CALL ATRIB	PRINC382
GO TO 110	PRINC383
280 CALL LORIG	PRINC384
GO TO 110	PRINC385
290 CALL LROTA	PRINC386
GO TO 110	PRINC387
300 CALL ARQUI	PRINC388
GO TO 110	PRINC389
900 CALL ERRO (1)	PRINC390
GO TO 110	PRINC391
END	PRINC392

SUBROUTINE DATA	DATA 001
- (VET)	DATA 002
C	DATA 003
C-----	DATA 004
C	DATA 005
C           RETORNA NO VETOR VET A DATA ATUAL OBTIDA	DATA 006
C           POR TIME (15), NA FORMA DD=MM=AAJJJJ	DATA 007
C	DATA 008
C-----	DATA 009
C	DATA 010
C	DATA 011
C-----           PARAMETROS FORNACIS:	DATA 012
C	DATA 013
REAL	DATA 014
- VET (2)                   Z VETOR QUE CONTEM A DATA ATUAL	DATA 015
C	DATA 016
C	DATA 017
C-----           VARIAVEIS LOCAIS:	DATA 018
C	DATA 019
INTEGER	DATA 020
- AND,	DATA 021
- DIA,	DATA 022
- MES	DATA 023
C	DATA 024
C	DATA 025
C-----           PROCEDIMENTOS.	DATA 026
C	DATA 027
VET (1) = TIME (15)	DATA 028
READ (VET, 1000) MES, DIA, AND	DATA 029
WRITE (VET, 1100) DIA, MES, AND	DATA 030
RETURN	DATA 031
1000 FORMAT (322)	DATA 032
1100 FORMAT (C2, ' ', C2, ' ', C2)	DATA 033
END	DATA 034

```

SUBROUTINE ERRO
- (IERR)
C
C-----
C
C
C      IMPRIME MENSAGENS DE ERRO
C
C-----
C
C
C-----
C      PARAMETROS FORMAIS:
C
C      INTEGER
C      - IERR          % CODIGO DE ERRO
C
C
C
C-----
C      VARIAVEIS GLOBAIS:
C
C      LOGICAL
C      - IMPM,
C      - RESUL
C
C
C      COMMON
C      - /ARQUIV/ NAL, NAI, NAR
C      - /ESTAT/ RESUL, IMPM, NRL, NER
C      - /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101), IAPR, IREG (72),
C      - IAPT, COM (54)
C
C
C
C-----
C      VARIAVEIS LOCAIS:
C
C      - INTEGER
C      - I,          % INDICE GERAL
C      - IAPF,       % APONTADOR FINAL DO ELEMENTO SINTATICO
C      - IPVG,       % CODIGO EBCDIC DECIMAL DO PONTO E VIRGULA
C
C
C      REAL
C      - AUX (3),    % VETOR AUXILIAR
C      - MSG (6, 39) % MATRIZ DAS MENSAGENS DE ERRO
C
C
C      DATA
C      - IPVG / 94 /,
C      - MSG /'COMANDO INEXISTENTE', % 1 01 %
C      - 'PALAVRA-CHAVE ESPERADA', % 1 02 %
C      - 'NUMERO REAL INVALIDO', % 1 03 %
C      - 'NUMERO INTEIRO INVALIDO', % 1 04 %
C      - 'FIM DE COMANDO ESPERADO', % 1 05 %
C      - 'COMANDO INCOMPLETO', % 1 06 %
C      - 'CARACTER INVALIDO', % 1 07 %
C      - 'NUMERO DE CARREGAMENTO INVALIDO', % 1 08 %
C      - 'DIGITO ESPERADO', % 1 09 %
C      - 'DIGITO OU PONTO ESPERADO', % 1 10 %
C      - 'DIGITO OU SINAL ESPERADO', % 1 11 %
C      - 'SINAL DE NUMERO INVALIDO', % 1 12 %
C      - 'EXCEÇÃO NUM. MAX. DE NDS DO ELEM.', % 1 13 %
C      - 'NUM. DE PENS. DE INTEGRACAO INVALIDO', % 1 14 %
C      - 'MODULO DE ELASTICIDADE INVALIDO', % 1 15 %
C      - 'COEFICIENTE DE POISSON INVALIDO', % 1 16 %

```



-	*SINTAXE DO COMANDO INVALIDA	*,	X 17 X	ERRO 059
-	*LISTA DE NOS DO ELEMENTOS INVALIDA	*,	X 18 X	ERRO 060
-	*NOME DE DIRECAO ESPERADO	*,	X 19 X	ERRO 061
-	*NOME DE DIRECAO REPETIDO	*,	X 20 X	ERRO 062
-	*NUMERO DE NO DO ELEMENTO INVALIDO	*,	X 21 X	ERRO 063
-	*PALAVRA-CHAVE DEVE SER ALFANUMERICA	*,	X 22 X	ERRO 064
-	*NUMERO ESPERADO	*,	X 23 X	ERRO 065
-	*NUMERO INTEIRO ESPERADO	*,	X 24 X	ERRO 066
-	*EXCEDIDO MAXIMO DE 12 DIGITOS	*,	X 25 X	ERRO 067
-	*EXCEDIDO MAXIMO DE 2 DIGITOS	*,	X 26 X	ERRO 068
-	*LISTA DE NOS DO ELEMENTOS ESPERADA	*,	X 27 X	ERRO 069
-	*DOIS PONTOS ESPERADO	*,	X 28 X	ERRO 070
-	*EXCEDIDA LISTA DE NOS DO ELEMENTOS	*,	X 29 X	ERRO 071
-	*NOME DE COORDENADA INVALIDO	*,	X 30 X	ERRO 072
-	*NOME DE COORDENADA REPETIDO	*,	X 31 X	ERRO 073
-	*NOME DE ANGULO DE ROTACAO ESPERADO	*,	X 32 X	ERRO 074
-	*NOME DE ANGULO DE ROTACAO REPETIDO	*,	X 33 X	ERRO 075
-	*EXCEDIDO NUMERO DE ELEM. SINTATICOS	*,	X 34 X	ERRO 076
-	*FIM DE REGISTRO ESPERADO	*,	X 35 X	ERRO 077
-	*PALAVRA-CHAVE PASSO ESPERADA	*,	X 36 X	ERRO 078
-	*NOME DE CONSTANTE ESPERADO	*,	X 37 X	ERRO 079
-	*NOME DE CONSTANTE REPETIDO	*,	X 38 X	ERRO 080
-	*PALAVRA-CHAVE INEXISTENTE	*/	X 39 X	ERRO 081
C				ERRO 082
C				ERRO 083
C-----	PROCEDIMENTOS.			ERRO 084
C				ERRO 085
	NER = NER + 1			ERRO 086
	IF (IAPI .EQ. 0) GO TO 110			ERRO 087
C				ERRO 088
C-----	ERRO NA SCAN.			ERRO 089
C				ERRO 090
	IF (IAPI .LE. 72) GO TO 100			ERRO 091
C				ERRO 092
C-----	FIM DE REGISTRO.			ERRO 093
C				ERRO 094
	WRITE (AUX, 1000) IPVQ			ERRO 095
	GO TO 160			ERRO 096
100	CONTINUE			ERRO 097
	IAPF = IAPI			ERRO 098
	IF ((IAPF - IAPI) .GT. 17) IAPF = IAPI + 17			ERRO 099
	WRITE (AUX, 1000) (IREG (I), 1 = IAPI, IAPF)			ERRO 100
	GO TO 160			ERRO 101
C				ERRO 102
C-----	ERRO NA IDENTIFICACAO DOS COMANDOS.			ERRO 103
C				ERRO 104
	110 CONTINUE			ERRO 105
	IF (IES .LE. NES) GO TO 120			ERRO 106
C				ERRO 107
C-----	FIM DE REGISTRO LOGICO.			ERRO 108
C				ERRO 109
	WRITE (AUX, 1000) IPVQ			ERRO 110
	GO TO 160			ERRO 111
120	CONTINUE			ERRO 112
C				ERRO 113
C-----	IDENTIFICACAO DO ELEMENTO SINTATICO COM ERRO.			ERRO 114
C				ERRO 115
	GO TO (130, 140, 150) IFD (IES)			ERRO 116

C		ERRO 117
C-----	PALAVRA-CHAVE.	ERRO 118
C		ERRO 119
130	CONTINUE	ERRO 120
	WRITE (AUX, 1100) COM (RLIS (IES))	ERRO 121
	GO TO 160	ERRO 122
C		ERRO 123
C-----	NUMERO INTEIRO.	ERRO 124
C		ERRO 125
140	CONTINUE.	ERRO 126
	WRITE (AUX, 1200) RLIS (IES)	ERRO 127
	GO TO 160	ERRO 128
C		ERRO 129
C-----	NUMERO REAL.	ERRO 130
C		ERRO 131
150	CONTINUE	ERRO 132
	WRITE (AUX, 1300) RLIS (IES)	ERRO 133
C		ERRO 134
C-----	IMPRESSAO DO ERRO.	ERRO 135
C		ERRO 136
	RESUL = .TRUE.	ERRO 137
160	CONTINUE	ERRO 138
	WRITE (NAR, 1400) (MSG (I, IERR), I = 1, 6), AUX	ERRO 139
	IAPI = 0	ERRO 140
	NES = 0	ERRO 141
	RETURN	ERRO 142
1000	FORMAT (1801)	ERRO 143
1100	FORMAT (A6)	ERRO 144
1200	FORMAT (J13)	ERRO 145
1300	FORMAT (G13.12)	ERRO 146
1400	FORMAT (T02, ' >>>> ', 6A6, ' >>>> ', 3A6)	ERRO 147
	END	ERRO 148

SUBROUTINE SCAN	SCAN 001
C	SCAN 002
C-----	SCAN 003
C	SCAN 004
C	LEITURA E IDENTIFICACAO DOS ELEMENTOS
C	SINTATICOS DE UM REGISTRO LOGICO
C	SCAN 006
C	SCAN 007
C-----	SCAN 008
C	SCAN 009
C	SCAN 010
C	TIPOS DE ELEMENTOS SINTATICOS IDENTIFICAVEIS:
C	1 = COMANDO
C	2 = NUMERO INTEIRO
C	3 = NUMERO REAL
C	SCAN 015
C-----	CONDICOES DE FIM DE UM REGISTRO LOGICO:
C	- FIM DE REGISTRO FISICO
C	- '*' (PONTO E VIRGULA) (FIM DE REG. LOGICO)
C	- '%' (PORCENTAGEM) (COMENTARIO)
C	SCAN 020
C-----	PARAMETROS DE RETORNO (GLOBAIS):
C	SCAN 022
C	IES = INDICE DO PRIMEIRO ELEMENTO SINTATICO (1)
C	NES = NUMERO DE ELEMENTOS SINTATICOS
C	ITIP = LISTA CONTENDO OS TIPOS DE ELEMENTOS
C	RLIS = LISTA CONTENDO VALORES QUE DEPENDEM
C	DO TIPO DE ELEMENTO CORRESPONDENTE:
C	1 -> NUMERO DO COMANDO
C	2 -> VALOR DO NUMERO
C	3 -> VALOR DO NUMERO
C	IAP1 = APONTA INICIO DO ELEMENTO SINTATICO ATUAL
C	QUANDO HOUVER ERRO E
C	ZERO QUANDO HOUVER RETORNO NORMAL DA ROTINA
C	SCAN 034
C	SCAN 035
C-----	VARIAVEIS GLOBAIS:
C	SCAN 036
C	SCAN 037
COMMON	SCAN 038
- /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101), IAP3, IREG (72),	SCAN 039
- IAP1, COM (54), NTC	SCAN 040
C	SCAN 041
C-----	VARIAVEIS LOCAIS:
C	SCAN 042
LOGICAL	SCAN 043
- INTE	% INDICA NUMERO INTEIRO
C	SCAN 045
INTEGER	SCAN 046
- I,	% INDICE GERAL
- IAP1,	% APONTA INICIO DO ELEMENTO SINT. ATUAL
- IAPF,	% APONTA FIM DO COMANDO LIDO
- ICOD,	% CODIGO DE VERIF. DO CARACTER ATUAL
- ICOD (255),	% VETOR DOS CODIGOS DE VERIFICACAO
-	% DOS CARACTERES
- ISEC,	% CODIGO EREDC DECIMAL DO CARACTER
- IDIF,	% DIFERENCA ENTRE O VALOR DO DIGITO
-	% E O SEU CODIGO EREDC DECIMAL
- IDIG,	% VALOR INTEIRO DO DIGITO ATUAL
- IERR,	% CODIGO DE ERRO
	SCAN 056



C				SCAN 117
C	1 <=>	BARRA	'/' (CONT. DE REGISTRO)	SCAN 118
C	2 <=>	BRANCO OU VIRGULA	' ', ',' (ESPACEJADORES)	SCAN 119
C	3 <=>	MAIS OU MENOS	++, -- (SINAIS)	SCAN 120
C	4 <=>	ZERO A NOVE	'0'-'9' (DÍGITOS)	SCAN 121
C	5 <=>	PONTO	'.' (PONTO DECIMAL)	SCAN 122
C	6 <=>	LETRA E	'E' (IND. DE EXPONENTE)	SCAN 123
C	7 <=>	ARRAÇA	'J' (IND. DE EXPONENTE)	SCAN 124
C	8 <=>	DEMAIS LETRAS	'A'-'D', 'F'-'Z' (COMANDOS)	SCAN 125
C	9 <=>	DOIS PONTOS	':' (COMANDO ESPECIAL)	SCAN 126
C	10 <=>	PONTO E VIRGULA	',' (FIM DE REG. LOGICO)	SCAN 127
C	11 <=>	PORCENTAGEM	'%' (IND. DE COMENTARIO)	SCAN 128
C	99 <=>	DEMAIS CARACTERES	(CARACTER INVALIDO)	SCAN 129
C				SCAN 130
C				SCAN 131
C	-----	PROCEDIMENTOS.		SCAN 132
C				SCAN 133
C	-----	INICIALIZACOES.		SCAN 134
C				SCAN 135
	IES = 1			SCAN 136
	YES = 0			SCAN 137
	IF (IAPH .GT. 72) CALL LEREG			SCAN 138
C				SCAN 139
C	-----	PROCEDIMENTO PARA CADA ELEMENTO SINTACTICO		SCAN 140
C		A SER LIDO.		SCAN 141
C				SCAN 142
C		INICIALIZACOES.		SCAN 143
C				SCAN 144
	100 CONTINUE			SCAN 145
	IF (IAPH .LE. 72) GO TO 110			SCAN 146
	IF (YES .GT. 0) RETURN			SCAN 147
	CALL LEREG			SCAN 148
	110 CONTINUE			SCAN 149
	IDEC = IRES (IAPH)			SCAN 150
	ICOD = ICOD (IDEC)			SCAN 151
C				SCAN 152
C	-----	VERIFICACAO DO PRIMEIRO CARACTER.		SCAN 153
C				SCAN 154
	GO TO (120, 130, 170, 170, 170, 320, 400, 320, 140, 150,			SCAN 155
	160) ICOD			SCAN 156
	GO TO 400			SCAN 157
C				SCAN 158
C	-----	CONTINUACAO DE REGISTRO.		SCAN 159
C				SCAN 160
	120 CONTINUE			SCAN 161
	CALL LEREG			SCAN 162
	GO TO 100			SCAN 163
C				SCAN 164
C	-----	ESPACEJADORES.		SCAN 165
C				SCAN 166
	130 CONTINUE			SCAN 167
	IAPH = IAPH + 1			SCAN 168
	GO TO 100			SCAN 169
C				SCAN 170
C	-----	COMANDO ESPECIAL.		SCAN 171
C				SCAN 172
	140 CONTINUE			SCAN 173
	YES = YES + 1			SCAN 174

IF (NES .GT. NMES) GO TO 450	SCAN 175
IIRP (NES) = 1	SCAN 176
RLIS (NLS) = 35	SCAN 177
IAPR = IAPR + 1	SCAN 178
GO TO 100	SCAN 179
C	SCAN 180
C----- FIM DE REGISTRO LOGICO.	SCAN 181
C	SCAN 182
150 CONTINUE	SCAN 183
IF (NES .NE. 0) RETURN	SCAN 184
IAPR = IAPR + 1	SCAN 185
GO TO 100	SCAN 186
C	SCAN 187
C----- COMENTARIO.	SCAN 188
C	SCAN 189
160 CONTINUE	SCAN 190
IF (NES .NE. 0) RETURN	SCAN 191
IAPR = 75	SCAN 192
GO TO 100	SCAN 193
C	SCAN 194
C----- SINAL DO DIGITO OU PONTO. (INICIO DE NUMERO)	SCAN 195
C	SCAN 196
170 CONTINUE	SCAN 197
VNUM = 0.	SCAN 198
IEXP = 0.	SCAN 199
SE = 1	SCAN 200
SM = 1.	SCAN 201
IAP1 = IAPR	SCAN 202
NES = NES + 1	SCAN 203
IF (NES .GT. NMES) GO TO 450	SCAN 204
ICOD = ICOD + 2	SCAN 205
C	SCAN 206
C----- VERIFICACAO DO CARACTER DE INICIAL DO NUMERO.	SCAN 207
C	SCAN 208
GO TO (180, 200, 190) ICOD	SCAN 209
C	SCAN 210
C----- SINAL DA MANTISSA.	SCAN 211
C	SCAN 212
180 CONTINUE	SCAN 213
IF (IDEC .EQ. MENOS) SM = -1.	SCAN 214
IAPR = IAPR + 1	SCAN 215
IF (IAPR .GT. 72) GO TO 420	SCAN 216
IDEC = IREG (IAPR)	SCAN 217
ICOD = ICOD (IDEC)	SCAN 218
C	SCAN 219
C	SCAN 220
C----- VERIFICACAO DO PROXIMO CARACTER.	SCAN 221
C	SCAN 222
GO TO (420, 420, 420, 200, 190, 420, 420, 420, 420,	SCAN 222
- 420) ICOD	SCAN 223
GO TO 400	SCAN 224
C	SCAN 225
C----- PONTO DECIMAL (QUANDO NENHUM DIGITO FOI LIDO).	SCAN 226
C	SCAN 227
190 CONTINUE	SCAN 228
INTE = .FALSE.	SCAN 229
IAPR = IAPR + 1	SCAN 230
IF (IAPR .GT. 72) GO TO 410	SCAN 231
IDEC = IREG (IAPR)	SCAN 232

ICOD = ICOM (IDEC)	SCAN 233
C	SCAN 234
C	VERIFICACAO DO PROXIMO CARACTER.
C	SCAN 235
GO TO (410, 410, 410, 230, 410, 410, 410, 410, 410, 410,	SCAN 236
- 410) ICOM	SCAN 237
GO TO 400	SCAN 238
C	SCAN 239
C-----	SCAN 240
DIGITOS DA PARTE INTEIRA DA MANFISSA.	SCAN 241
C	SCAN 242
200 CONTINUE	SCAN 243
INTE = .TRUE.	SCAN 244
NUMD = 0	SCAN 245
210 NUMD = NUMD + 1	SCAN 246
IF (NUMD .GT. NMD) GO TO 470	SCAN 247
IDIG = IDEC - IDIF	SCAN 248
VNUM = VNUM + 10 + IDIG	SCAN 249
IAPR = IAPR + 1	SCAN 250
IF (IAPR .GT. 72) GO TO 290	SCAN 251
IDEC = IREG (IAPR)	SCAN 252
ICOD = ICOM (IDEC)	SCAN 253
C	SCAN 254
C	VERIFICACAO DO PROXIMO CARACTER.
C	SCAN 255
GO TO (290, 290, 440, 210, 220, 250, 250, 440, 290, 290,	SCAN 256
- 290) ICOM	SCAN 257
GO TO 400	SCAN 258
C	SCAN 259
C-----	SCAN 260
PONTO DECIMAL (QUANDO ALGUM DIGITO FOI LIDO).	SCAN 261
C	SCAN 262
220 CONTINUE	SCAN 263
INTE = .FALSE.	SCAN 264
IAPR = IAPR + 1	SCAN 265
IF (IAPR .GT. 72) GO TO 290	SCAN 266
IDEC = IREG (IAPR)	SCAN 267
ICOD = ICOM (IDEC)	SCAN 268
C	SCAN 269
C	VERIFICACAO DO PROXIMO CARACTER.
C	SCAN 270
GO TO (290, 290, 440, 230, 440, 250, 250, 440, 290, 290,	SCAN 271
- 290) ICOM	SCAN 272
GO TO 400	SCAN 273
C	SCAN 274
C-----	SCAN 275
DIGITOS DA PARTE FRACIONARIA DA MANTISSA.	SCAN 276
C	SCAN 277
230 CONTINUE	SCAN 278
DIV = 10.	SCAN 279
NUMD = 0	SCAN 280
240 NUMD = NUMD + 1	SCAN 281
IF (NUMD .GT. NMD) GO TO 470	SCAN 282
RDIG = IDEC - IDIF	SCAN 283
VNUM = VNUM + RDIG / DIV	SCAN 284
DIV = DIV / 10.	SCAN 285
IAPR = IAPR + 1	SCAN 286
IF (IAPR .GT. 72) GO TO 290	SCAN 287
IDEC = IREG (IAPR)	SCAN 288
ICOD = ICOM (IDEC)	SCAN 289
C	SCAN 290

C	VERIFICACAO DO PROXIMO CARACTER.	SCAN 291
C		SCAN 292
	GO TO (290, 290, 440, 240, 440, 250, 250, 440, 290, 290,	SCAN 293
	- 290) ICOD	SCAN 294
	GO TO 400	SCAN 295
C		SCAN 296
C-----	INDICADORES DE EXPONENTE.	SCAN 297
C		SCAN 298
	250 CONTINUE	SCAN 299
	INTE = .FALSE.	SCAN 300
	IAPR = IAPR + 1	SCAN 301
	IF (IAPR .GT. 72) GO TO 430	SCAN 302
	IDEC = IREG (IAPR)	SCAN 303
	ICOD = ICOM (IDEC)	SCAN 304
C		SCAN 305
C	VERIFICACAO DO PROXIMO CARACTER.	SCAN 306
C		SCAN 307
	GO TO (430, 430, 260, 270, 430, 430, 430, 430, 430, 430,	SCAN 308
	- 430) ICOD	SCAN 309
	GO TO 400	SCAN 310
C		SCAN 311
C-----	SINAL DO EXPONENTE.	SCAN 312
C		SCAN 313
	260 CONTINUE	SCAN 314
	IF (IDEC .EQ. MENOS) SE = -1	SCAN 315
	IAPR = IAPR + 1	SCAN 316
	IF (IAPR .GT. 72) GO TO 410	SCAN 317
	IDEC = IREG (IAPR)	SCAN 318
	ICOD = ICOM (IDEC)	SCAN 319
C		SCAN 320
C	VERIFICACAO DO PROXIMO CARACTER.	SCAN 321
C		SCAN 322
	GO TO (410, 410, 410, 270, 410, 410, 410, 410, 410, 410,	SCAN 323
	- 410) ICOD	SCAN 324
	GO TO 430	SCAN 325
C		SCAN 326
C-----	DIGITOS DO EXPONENTE.	SCAN 327
C		SCAN 328
	270 CONTINUE	SCAN 329
	NUMD = 0	SCAN 330
	280 NUMD = NUMD + 1	SCAN 331
	IF (NUMD .GT. NMDE) GO TO 480	SCAN 332
	IDIG = IDEC - IDIF	SCAN 333
	IEXP = IEXP * 10 + IDIG	SCAN 334
	IAPR = IAPR + 1	SCAN 335
	IF (IAPR .GT. 72) GO TO 290	SCAN 336
	IDEC = IREG (IAPR)	SCAN 337
	ICOD = ICOM (IDEC)	SCAN 338
C		SCAN 339
C	VERIFICACAO DO PROXIMO CARACTER.	SCAN 340
C		SCAN 341
	GO TO (290, 290, 440, 280, 440, 290, 440, 440, 290, 290,	SCAN 342
	- 290) ICOD	SCAN 343
	GO TO 400	SCAN 344
C		SCAN 345
C-----	AVALIACAO DO NUMERO ATUAL.	SCAN 346
C		SCAN 347
	290 CONTINUE	SCAN 348



IF (INTE) GO TO 300	SCAN 349
C	SCAN 350
C----- NUMERO REAL.	SCAN 351
C	SCAN 352
VNUM = VNUM + 10 ** (SE * IEXP)	SCAN 353
C CALL OVERFL (IERR)	SCAN 354
C IF (IERR .NE. 2) GO TO 380	SCAN 355
ITIP (NES) = 3	SCAN 356
GO TO 310	SCAN 357
C	SCAN 358
C----- NUMERO INTEIRO.	SCAN 359
C	SCAN 360
300 CONTINUE	SCAN 361
IF (VNUM .GT. MAXIN) GO TO 390	SCAN 362
ITIP (NES) = 2	SCAN 363
310 CONTINUE	SCAN 364
RLIS (NES) = SM * VNUM	SCAN 365
C	SCAN 366
C----- VERIFICACAO DA CONDICAO FIM DO NUMERO.	SCAN 367
C	SCAN 368
IF (IAPR .GT. 72) RETURN	SCAN 369
GO TO (120, 130, 490, 490, 490, 320, 490, 490, 140, 150,	SCAN 370
- 160) ICOD	SCAN 371
C	SCAN 372
C----- COMANDOS.	SCAN 373
C	SCAN 374
320 CONTINUE	SCAN 375
IAP1 = IAPR	SCAN 376
NES = NES + 1	SCAN 377
IF (NES .GT. NMES) GO TO 450	SCAN 378
330 IAPR = IAPR + 1	SCAN 379
IF (IAPR .GT. 72) GO TO 340	SCAN 380
IDEC = IRES (IAPR)	SCAN 381
ICOD = ICOM (IDEC)	SCAN 382
GO TO (340, 340, 460, 330, 460, 330, 460, 330, 340, 340,	SCAN 383
- 340) ICOD	SCAN 384
GO TO 400	SCAN 385
C	SCAN 386
C----- OBTENCAO DO COMANDO LIDO.	SCAN 387
C	SCAN 388
340 CONTINUE	SCAN 389
NCAR = IAPR - IAP1	SCAN 390
IF (NCAR .GT. 4) NCAR = 4	SCAN 391
IAPF = IAP1 + NCAR - 1	SCAN 392
WRITE (AUX, 1000) (IREG (I), I = IAP1, IAPF)	SCAN 393
C	SCAN 394
C----- OBTENCAO DO NUMERO DO COMANDO LIDO.	SCAN 395
C	SCAN 396
DO 350 I = 1, NTC	SCAN 397
IF (CONLI .EQ. COM (I)) GO TO 360	SCAN 398
350 CONTINUE	SCAN 399
GO TO 370	SCAN 400
360 CONTINUE	SCAN 401
ITIP (NES) = 1	SCAN 402
RLIS (NES) = 1	SCAN 403
C	SCAN 404
C----- VERIFICACAO DA CONDICAO DE FIM DE COMANDO.	SCAN 405
C	SCAN 406

IF (IAPR .GT. 72) RETURN	SCAN 407
GO TO (120, 130, 490, 490, 490, 490, 490, 490, 140, 150,	SCAN 408
- 160) ICOD	SCAN 409
C	SCAN 410
C----- ERRUS.	SCAN 411
C	SCAN 412
370 IAPI = IAPI	SCAN 413
CALL ERRO (37)	SCAN 414
GO TO 490	SCAN 415
380 IAPI = IAPI	SCAN 416
CALL ERRO (3)	SCAN 417
GO TO 490	SCAN 418
390 IAPI = IAPI	SCAN 419
CALL ERRO (4)	SCAN 420
GO TO 490	SCAN 421
400 IAPI = IAPR	SCAN 422
CALL ERRO (7)	SCAN 423
GO TO 490	SCAN 424
410 IAPI = IAPR	SCAN 425
CALL ERRO (9)	SCAN 426
GO TO 490	SCAN 427
420 IAPI = IAPR	SCAN 428
CALL ERRO (10)	SCAN 429
GO TO 490	SCAN 430
430 IAPI = IAPR	SCAN 431
CALL ERRO (11)	SCAN 432
GO TO 490	SCAN 433
440 IAPI = IAPR	SCAN 434
CALL ERRO (12)	SCAN 435
GO TO 490	SCAN 436
450 IAPI = IAPI	SCAN 437
CALL ERRO (34)	SCAN 438
GO TO 490	SCAN 439
460 IAPI = IAPR	SCAN 440
CALL ERRO (22)	SCAN 441
GO TO 490	SCAN 442
470 IAPI = IAPR	SCAN 443
CALL ERRO (25)	SCAN 444
GO TO 490	SCAN 445
480 IAPI = IAPR	SCAN 446
CALL ERRO (26)	SCAN 447
490 CONTINUE	SCAN 448
IF (ICOD .EQ. 10) RETURN	SCAN 449
500 IAPR = IAPR + 1	SCAN 450
IF (IAPR .GT. 72) RETURN	SCAN 451
IDEC = INCS (IAPR)	SCAN 452
ICOD = ICOD (IDEC)	SCAN 453
IF (ICOD .EQ. 10) RETURN	SCAN 454
GO TO 500	SCAN 455
1000 FORMAT (40I)	SCAN 456
END	SCAN 457

```

LOGICAL FUNCTION TRUE                                TRUE 001
- (N, NBIT)                                          TRUE 002
C                                                    TRUE 003
C-----                                           TRUE 004
C                                                    TRUE 005
C          TESTA O BIT 'NBIT' DO ELEMENTO 'N' DO VETOR 'IBIT' TRUE 006
C          E RETORNA .TRUE. OU .FALSE. DEPENDENDO DO VALOR TRUE 007
C          DO BIT:                                     TRUE 008
C              0 -> .FALSE.                             TRUE 009
C              1 -> .TRUE.                               TRUE 010
C                                                    TRUE 011
C-----                                           TRUE 012
C                                                    TRUE 013
C                                                    TRUE 014
C-----      PARAMETROS FORMAIS:                     TRUE 015
C                                                    TRUE 016
C          INTEGER                                     TRUE 017
C          - N,          X NUMERO DO ELEMENTO DO VETOR 'IBIT' TRUE 018
C          - NBIT        X NUMERO DO BIT               TRUE 019
C                                                    TRUE 020
C                                                    TRUE 021
C-----      VARIAVEIS GLOBAIS:                     TRUE 022
C                                                    TRUE 023
C          COMMON                                       TRUE 024
C          - /LOGIC/ IBIT (1001)                       TRUE 025
C                                                    TRUE 026
C                                                    TRUE 027
C-----      VARIAVEIS LOCAIS:                     TRUE 028
C                                                    TRUE 029
C          LOGICAL                                       TRUE 030
C          - IMPAR          X VARIAVEL AUXILIAR DE VERIFICACAO DO BIT TRUE 031
C                                                    TRUE 032
C          INTEGER                                       TRUE 033
C          - IAX,          X VARIAVEL AUXILIAR DE VERIF. DO BIT TRUE 034
C          - IPOT (16)    X VETOR QUE CONTEM AS POTENCIAS DE 2 TRUE 035
C                                                    TRUE 036
C          DATA                                           TRUE 037
C          - IPOT / 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, TRUE 038
C          -          256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16384, 32768 / TRUE 039
C                                                    TRUE 040
C          EQUIVALENCE                                     TRUE 041
C          - (IMPAR, IAX)                                TRUE 042
C                                                    TRUE 043
C                                                    TRUE 044
C-----      PROCEDIMENTOS.                         TRUE 045
C                                                    TRUE 046
C          IAX = IBIT (N) / IPOT (NBIT)                 TRUE 047
C          TRUE = IMPAR                                  TRUE 048
C          RETURN                                         TRUE 049
C          END                                           TRUE 050

```

```

SUBROUTINE WARN                                     WARN 001
  (IWAR)                                           WARN 002
C                                                  WARN 003
C----- WARN 004
C                                                  WARN 005
C          IMPRIME MENSAGENS DE ALERTA           WARN 006
C----- WARN 007
C----- WARN 008
C                                                  WARN 009
C                                                  WARN 010
C----- PARÂMETROS FORMAIS:                     WARN 011
C                                                  WARN 012
C          INTEGER                               WARN 013
C          - IWAR                                WARN 014
C          - IWAR                                % CODIGO DA MENSAGEM
C                                                  WARN 015
C                                                  WARN 016
C----- VARIÁVEIS GLOBAIS:                       WARN 017
C                                                  WARN 018
C          COMMON                               WARN 019
C          - /ARQUI/ NAL, NAT, NAR              WARN 020
C                                                  WARN 021
C                                                  WARN 022
C----- VARIÁVEIS LOCAIS:                       WARN 023
C                                                  WARN 024
C          REAL                                 WARN 025
C          - MSG (6, 1)                        WARN 026
C          - MSG (6, 1)                        % MATRIZ DAS MENSAGENS
C                                                  WARN 027
C          DATA                               WARN 028
C          - MSG // 'RESULTADOS NAO DISPONIVEIS' // % 01 %
C                                                  WARN 029
C                                                  WARN 030
C                                                  WARN 031
C----- PROCEDIMENTOS                           WARN 032
C                                                  WARN 033
C          WRITE (NAR, 1000) (MSG (I, IWAR), I = 1, 6)
C          RETURN
1000 FORMAT (/, 102, '*****', 6A6)
END

```



C		ANAL1059
C-----	PROCEDIMENTOS.	ANAL1060
C		ANAL1061
	IES = IES + 1	ANAL1062
	ICOD = 0	ANAL1063
	IF (IES .GT. NCS) GO TO 100	ANAL1064
	IF (IIVP (IES) .NE. 1) GO TO 220	ANAL1065
	ICOD = 2LIS (IES) + 14	ANAL1066
	IF (ICOD .NE. 1 .AND. ICOD .NE. 2) GO TO 230	ANAL1067
	IES = IES + 1	ANAL1068
	IF (IES .LE. NCS) GO TO 200	ANAL1069
	100 CONTINUE	ANAL1070
	RESUL = RESUL .OR. ICOD .NE. 0	ANAL1071
C		ANAL1072
C	INICIALIZACAO DOS TEMPOS TOTAIS DE ANALISE.	ANAL1073
C		ANAL1074
	TIAP = TIME (12)	ANAL1075
	TTAI = TIME (13)	ANAL1076
C		ANAL1077
C	INICIALIZACAO DOS TEMPOS DE CONSISTENCIA.	ANAL1078
C		ANAL1079
	TPROC = TIME (12)	ANAL1080
	TID = TIME (13)	ANAL1081
C		ANAL1082
C-----	CONSISTENCIA.	ANAL1083
C		ANAL1084
	CALL CONSI	ANAL1085
C		ANAL1086
C-----	CALCULO DA NORMAL E DO JACOBIANO DOS ELEMENTOS.	ANAL1087
C		ANAL1088
	CALL CNJTL	ANAL1089
C		ANAL1090
C	CALCULO E IMPRESSAO DOS TEMPOS DE CONSISTENCIA.	ANAL1091
C		ANAL1092
	TPROC = (TIME (12) - TPROC) * 24E-7	ANAL1093
	TID = (TIME (13) - TID) * 24E-7	ANAL1094
	WRITE (NAR, 1000) TPROC, TID	ANAL1095
C		ANAL1096
C-----	VERIFICACAO DA EXISTENCIA DE ERROS.	ANAL1097
C		ANAL1098
	IF (NER .EQ. 0) GO TO 110	ANAL1099
	WRITE (NAR, 1100) NER	ANAL1100
	TEMPO (1) = TEMPO (1) + TIME (12) - TIAP	ANAL1101
	TEMPO (2) = TEMPO (2) + TIME (13) - TTAI	ANAL1102
	RETURN	ANAL1103
	110 CONTINUE	ANAL1104
C		ANAL1105
C	INICIALIZACAO DOS TEMPOS DE CALCULO DE CONSTANTES.	ANAL1106
C		ANAL1107
	TPROC = TIME (12)	ANAL1108
	TID = TIME (13)	ANAL1109
C		ANAL1110
C-----	CALCULO DE CONSTANTES.	ANAL1111
C		ANAL1112
	VD = HNC * 3	ANAL1113
	CALL COONS	ANAL1114
C		ANAL1115
C-----	DETERMINACAO DAS INCOGNITAS.	ANAL1116

C		ANALI1117
	CALL INCOG	ANALI1118
C		ANALI1119
C-----	CALCULO DO EFEITO DE PESO PROPRIO.	ANALI1120
C		ANALI1121
	IF (EXPES) CALL CPESO	ANALI1122
C		ANALI1123
C-----	VERIFICA SE OS RESULTADOS FORAM OABOS.	ANALI1124
C		ANALI1125
	IF (RESUL) GO TO 160	ANALI1126
C		ANALI1127
C-----	DEFINICAO DOS PARAMETROS DO ARQUIVO DE	ANALI1128
C	ARMAZENAMENTO DA MATRIZ DO SISTEMA.	ANALI1129
C		ANALI1130
	NLB = NHEB / (3 * NI)	ANALI1131
	NLB = 3 * NLB	ANALI1132
	NLM = 2 * NLB	ANALI1133
	IF (NI .GT. NLM) GO TO 120	ANALI1134
C		ANALI1135
C-----	MATRIZ DO SISTEMA MENOR OU IGUAL QUE	ANALI1136
C	A MATRIZ DE TRABALHO.	ANALI1137
C	NAO SERA* UTILIZADA MEMORIA AUXILIAR.	ANALI1138
C		ANALI1139
	NLM = NI	ANALI1140
	NLB = NI	ANALI1141
	NTB = 1	ANALI1142
	GO TO 130	ANALI1143
C		ANALI1144
C-----	MATRIZ DO SISTEMA MAIOR QUE	ANALI1145
C	A MATRIZ DE TRABALHO.	ANALI1146
C	SERA* UTILIZADA MEMORIA AUXILIAR.	ANALI1147
C		ANALI1148
	120 CONTINUE	ANALI1149
	NEB = NLB * NI	ANALI1150
	NTB = (NI - 1) / NLB + 1	ANALI1151
	NLB = NI - (NTB - 1) * NLB	ANALI1152
C		ANALI1153
C-----	MODIFICACAO DOS PARAMETROS DO ARQUIVO	ANALI1154
C	DE ARMAZENAMENTO DOS BLOCOS.	ANALI1155
C		ANALI1156
C	NEB = NEB * 2      *** PRECISAO DUPLA      xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	ANALI1157
	CHANGE (NAX)	ANALI1158
-	MAXRECSIZE = NEB.	ANALI1159
-	BLOCKSIZE = NEB.	ANALI1160
-	AREASIZE = 1.	ANALI1161
-	AREAS = 1)	ANALI1162
C		ANALI1163
C-----	ABERTURA DO ARQUIVO 'NAX' CRIANDO O PRIMEIRO REGISTRO.	ANALI1164
C		ANALI1165
	WRITE (NAX) 0	ANALI1166
C		ANALI1167
C-----	ZERAGEM DA MATRIZ DOS TERMOS INDEPENDENTES.	ANALI1168
C		ANALI1169
	130 CONTINUE	ANALI1170
	DO 150 I = 1, NI	ANALI1171
	DO 140 J = 1, MCC	ANALI1172
	C (I, J) = 0.	ANALI1173
	140 CONTINUE	ANALI1174

150 CONTINUE	ANALI1175
C	ANALI1176
C	ANALI1177
C	ANALI1178
C	ANALI1179
TPROC = (TIME (12) - TPROC) * 24E-7	ANALI1180
TIO = (TIME (13) - TIO) * 24E-7	ANALI1181
WRITE (NAR, 1200) TPROC, TIO	ANALI1182
C	ANALI1183
C	ANALI1184
C	ANALI1185
TPROC = TIME (12)	ANALI1186
TIO = TIME (13)	ANALI1187
C	ANALI1188
C-----	ANALI1189
C	ANALI1190
CALL MSISE (A, NLB, NLM, NFB)	ANALI1191
C	ANALI1192
C	ANALI1193
C	ANALI1194
C	ANALI1195
TPROC = (TIME (12) - TPROC) * 24E-7	ANALI1196
TIO = (TIME (13) - TIO) * 24E-7	ANALI1197
WRITE (NAR, 1300) TPROC, TIO, NNC, NFL	ANALI1198
C	ANALI1199
C	ANALI1200
C	ANALI1201
IF (INPM) CALL INATR (NI, NCC, A, C)	ANALI1202
C	ANALI1203
C	ANALI1204
C	ANALI1205
TPROC = TIME (12)	ANALI1206
TIO = TIME (13)	ANALI1207
C	ANALI1208
C-----	ANALI1209
C	ANALI1210
CALL GAUSS (A, C, IERR, NAM, NCC, NI, NLB, NLM, NLOB, NFB)	ANALI1211
CLOSE (NAM)	ANALI1212
C	ANALI1213
C	ANALI1214
C	ANALI1215
C	ANALI1216
TPROC = (TIME (12) - TPROC) * 24E-7	ANALI1217
TIO = (TIME (13) - TIO) * 24E-7	ANALI1218
WRITE (NAR, 1400) TPROC, TIO, NI, NDI, NFI	ANALI1219
C	ANALI1220
C	ANALI1221
C	ANALI1222
IF (IERR.EQ. 1) GO TO 210	ANALI1223
C	ANALI1224
C	ANALI1225
C	ANALI1226
C	ANALI1227
TPROC = TIME (12)	ANALI1228
TIO = TIME (13)	ANALI1229
C	ANALI1230
C-----	ANALI1231
C	ANALI1232



CALL MDESL	ANALI233
C	ANALI234
C	ANALI235
C	ANALI236
C	ANALI237
TPROC = (TIME (12) - TPROC) * 24E-7	ANALI238
TIO = (TIME (13) - TIO) * 24E-7	ANALI239
WRITE (NAR, 1500) TPROC, TIO	ANALI240
C	ANALI241
C	ANALI242
C	ANALI243
C	ANALI244
TPROC = TIME (12)	ANALI245
TIO = TIME (13)	ANALI246
C	ANALI247
C-----	ANALI248
C	ANALI249
CALL MFORC	ANALI250
C	ANALI251
C	ANALI252
C	ANALI253
C	ANALI254
TPROC = (TIME (12) - TPROC) * 24E-7	ANALI255
TIO = (TIME (13) - TIO) * 24E-7	ANALI256
WRITE (NAR, 1600) TPROC, TIO	ANALI257
C	ANALI258
C	ANALI259
C	ANALI260
C	ANALI261
TPROC = TIME (12)	ANALI262
TIO = TIME (13)	ANALI263
C	ANALI264
C-----	ANALI265
C	ANALI266
160 CONTINUE	ANALI267
IF (ICOD .EQ. 2) GO TO 170	ANALI268
CALL CICON	ANALI269
C	ANALI270
C	ANALI271
C	ANALI272
C	ANALI273
TPROC = (TIME (12) - TPROC) * 24E-7	ANALI274
TIO = (TIME (13) - TIO) * 24E-7	ANALI275
WRITE (NAR, 1700) TPROC, TIO	ANALI276
IF (ICOD .EQ. 1) GO TO 190	ANALI277
C	ANALI278
C	ANALI279
C	ANALI280
C	ANALI281
TPROC = TIME (12)	ANALI282
TIO = TIME (13)	ANALI283
C	ANALI284
C-----	ANALI285
C	ANALI286
170 CONTINUE	ANALI287
IF (NNT .EQ. 0) GO TO 180	ANALI288
CALL CIOIN	ANALI289
180 CONTINUE	ANALI290

C		ANALI291
C	CALCULO E IMPRESSAO DOS TEMPOS DE	ANALI292
C	CALCULO DAS INCOGNITAS NO INTERIOR.	ANALI293
C		ANALI294
	TPROC = (TIME (12) - TPROC) * 24E-7	ANALI295
	TIO = (TIME (13) - TIO) * 24E-7	ANALI296
	WRITE (NAR, 1000) TPROC, TIO, NNI	ANALI297
C		ANALI298
C	----- CALCULO E IMPRESSAO DO TEMPO TOTAL DE ANALISE.	ANALI299
C		ANALI300
	190 CONTINUE	ANALI301
	TTAP = TIME (12) - TTAP	ANALI302
	TTAI = TIME (13) - TTAI	ANALI303
	TEMPO (1) = TEMPO (1) + TTAP	ANALI304
	TEMPO (2) = TEMPO (2) + TTAI	ANALI305
	TTAP = TTAP * 24E-7	ANALI306
	TTAI = TTAI * 24E-7	ANALI307
	WRITE (NAR, 1900) TTAP, TTAI	ANALI308
	RESUL = .TRUE.	ANALI309
	RETURN	ANALI310
C		ANALI311
C	----- ERROS.	ANALI312
C		ANALI313
	200 CALL ERRO (5)	ANALI314
	RETURN	ANALI315
	210 WRITE (NAR, 2000)	ANALI316
	STOP	ANALI317
	220 CALL ERRO (2)	ANALI318
	RETURN	ANALI319
	230 CALL ERRO (17)	ANALI320
	RETURN	ANALI321
	1000 FORMAT (/, T02, '**** TEMPOS DE PROCESSADOR', //,	ANALI322
	- T02, ' CONSISTENCIA',	ANALI323
	- 'PROCESS ', F8.2, ' I/O ', F8.2)	ANALI324
	1100 FORMAT (/, T02, '**** ', J10, ' ERROS IMPEDEM A ANALISE ****', //)	ANALI325
	1200 FORMAT ( T02, ' CALCULO DE CONSTANTES',	ANALI326
	- 'PROCESS ', F8.2, ' I/O ', F8.2)	ANALI327
	1300 FORMAT ( T02, ' MONTAGEM DO SISTEMA DE EQUACOES',	ANALI328
	- 'PROCESS ', F8.2, ' I/O ', F8.2, //	ANALI329
	- T02, ' (', J5, ' NOS - ', J5, ' ELEMENTOS)',	ANALI330
	1400 FORMAT ( T02, ' SOLUCAO DO SISTEMA DE EQUACOES',	ANALI331
	- 'PROCESS ', F8.2, ' I/O ', F8.2, //	ANALI332
	- T02, ' ', I5, ' INCOGNITAS:', //	ANALI333
	- T02, ' ', I5, ' DESLOCAMENTOS', //	ANALI334
	- T02, ' ', I5, ' FORÇAS DE SUPERFÍCIE',	ANALI335
	1500 FORMAT ( T02, ' MONTAGEM DO VETOR DE DESLOCAMENTOS',	ANALI336
	- 'PROCESS ', F8.2, ' I/O ', F8.2)	ANALI337
	1600 FORMAT ( T02, ' MONTAGEM DO VETOR DE FORÇAS DE SUP.',	ANALI338
	- 'PROCESS ', F8.2, ' I/O ', F8.2)	ANALI339
	1700 FORMAT ( T02, ' CALCULO DAS TENSÕES NO CONTOURNO',	ANALI340
	- 'PROCESS ', F8.2, ' I/O ', F8.2)	ANALI341
	1800 FORMAT ( T02, ' CALCULO DE INCOGNITAS NO INTERIOR',	ANALI342
	- 'PROCESS ', F8.2, ' I/O ', F8.2, //	ANALI343
	- T02, ' (', J5, ' PONTOS)',	ANALI344
	1900 FORMAT ( T02, ' TOTAIS',	ANALI345
	- 'PROCESS ', F8.2, ' I/O ', F8.2, //)	ANALI346
	2000 FORMAT (/, T02, '**** SINGULARIZAÇÃO NA MATRIZ DO SISTEMA', //	ANALI347
	END	ANALI348

```

SUBROUTINE ATRIB                                ATRIB001
C                                                ATRIB002
C-----ATRIB003
C                                                ATRIB004
C                ATRIBUICAO DAS FORÇAS DE SUPERFICIE NDAIS ATRIB005
C                                                ATRIB006
C-----ATRIB007
C                                                ATRIB008
C                                                ATRIB009
C                ATRIBUI OS VALORES DAS FORÇAS DE SUPERFICIE NDAIS ATRIB010
C                A MATRIZ DE FORÇAS DE SUPERFICIE DOS ELEMENTOS DA ATRIB011
C                LISTA (ATRIBUI A TODOS SE A LISTA FOR VAZIA). ATRIB012
C                                                ATRIB013
C                                                ATRIB014
C-----VARIÁVEIS GLOBAIS: ATRIB015
C
C    LOGICAL ATRIB016
C    - FALSE, ATRIB017
C    - LIST2 ATRIB018
C
C    COMMON ATRIB019
C    - /CONET/ NEL, NME, ICON (3, 1001) ATRIB020
C    - /COORD/ HNC ATRIB021
C    - /LISTA/ NNDS, LIST (1001) ATRIB022
C    - /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101) ATRIB023
C    - /FORÇA/ FN (3, 1001), FE (3, 3, 1001) ATRIB024
C
C ATRIB025
C ATRIB026
C-----VARIÁVEIS LOCAIS: ATRIB027
C
C    INTEGER ATRIB028
C    - I, X INDICE AUXILIAR ATRIB029
C    - J, X INDICE DE Nº DE ELEMENTO ATRIB030
C    - NE, X NUMERO DE ELEMENTO ATRIB031
C    - NO, X NUMERO DE Nº ATRIB032
C
C ATRIB033
C ATRIB034
C-----PROCEDIMENTOS. ATRIB035
C
C    IF (LIST2 (NEL, .FALSE.)) RETURN ATRIB036
C    IF (IES .LE. NES) GO TO 120 ATRIB037
C    IF (NND .EQ. 0 .OR. NEL .EQ. 0) RETURN ATRIB038
C    DO 110 I = 1, NNDS ATRIB039
C        NE = LIST (I) ATRIB040
C        IF (NE .GT. NEL) RETURN ATRIB041
C        IF (.FALSE. (NE, 11)) GO TO 110 ATRIB042
C        DO 100 J = 1, 3 ATRIB043
C            NO = ICON (J, NE) ATRIB044
C            IF (.FALSE. (NO, 8)) GO TO 100 ATRIB045
C            FE (1, J, NE) = FN (1, NO) ATRIB046
C            FE (2, J, NE) = FN (2, NO) ATRIB047
C            FE (3, J, NE) = FN (3, NO) ATRIB048
C        100 CONTINUE ATRIB049
C    110 CONTINUE ATRIB050
C    RETURN ATRIB051
C-----ERROS. ATRIB052
C ATRIB053

```

123 CALL ERR0 (35)  
RETURN  
END

ATR10059

ATR10060

ATR10061

SUBROUTINE ARQUI	ARQUI001
C	ARQUI002
C-----	ARQUI003
C	ARQUI004
C	ARQUI005
C	ARQUI006
C	ARQUI007
C	ARQUI008
C-----	ARQUI009
C	ARQUI010
C	ARQUI011
C-----	ARQUI012
C	ARQUI013
LOGICAL	ARQUI014
RESUL	ARQUI015
C	ARQUI016
COMMON	ARQUI017
- /ARQUI/ NAL, NAT, NAR, NAM, NADC, NADI, NAFS, NATE, NATI, NATN	ARQUI018
- /CONET/ NEL	ARQUI019
- /CGOR3/ NNC	ARQUI020
- /DESLB/ UC (3, 1001)	ARQUI021
- /ESTAT/ RESUL	ARQUI022
- /FORCA/ FN (3003), FE (3, 3, 1001)	ARQUI023
- /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101), IAPR, IREG (72)	ARQUI024
C	ARQUI025
C	ARQUI026
C-----	ARQUI027
C	ARQUI028
INTEGER	ARQUI029
- ICOD,	% CODIGO DE COMANDO (LER OU GRAVAR)
- NE,	% NUMERO DE ELEMENTO
- NO	% NUMERO DE NO
C	ARQUI033
REAL	ARQUI034
- TIARQ (24)	% NOME DE ARQUIVO
C	ARQUI036
C	ARQUI037
C-----	ARQUI038
C	ARQUI039
ICOD = RLIS (IES)	ARQUI040
IES = IES + 1	ARQUI041
IF (IES .GT. NES .OR. ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 120	ARQUI042
IF (RLIS (IES) .NE. 21) GO TO 130	ARQUI043
IES = IES + 1	ARQUI044
IF (IES .LE. NES) GO TO 140	ARQUI045
CALL LEREG	ARQUI046
IAPR = 73	ARQUI047
WRITE (TIARQ, 1000) IREG	ARQUI048
CHANGE (NADC, TITLE = TIARQ)	ARQUI049
WRITE (TIARQ, 1100) IREG	ARQUI050
CHANGE (NADI, TITLE = TIARQ)	ARQUI051
WRITE (TIARQ, 1200) IREG	ARQUI052
CHANGE (NAFS, TITLE = TIARQ)	ARQUI053
WRITE (TIARQ, 1300) IREG	ARQUI054
CHANGE (NATE, TITLE = TIARQ)	ARQUI055
WRITE (TIARQ, 1400) IREG	ARQUI056
CHANGE (NATI, TITLE = TIARQ)	ARQUI057
WRITE (TIARQ, 1500) IREG	ARQUI058

CHANGE (MAIN, TITLE = TIARQ)	ARQUI059
IF (ICDD .EQ. 54) RETURN	ARQUI060
C	ARQUI061
C----- LEITURA DOS RESULTADOS.	ARQUI062
C	ARQUI063
C LEITURA DOS DESLOCAMENTOS.	ARQUI064
C	ARQUI065
DO 100 NO = 1, NNC	ARQUI066
READ (NADC) UC (1, NO), UC (2, NO), UC (3, NO)	ARQUI067
100 CONTINUE	ARQUI068
C	ARQUI069
C LEITURA DAS FORÇAS DE SUPERFICIE.	ARQUI070
C	ARQUI071
DO 110 NE = 1, NEL	ARQUI072
READ (NAFS) FE (1, 1, NE), FE (2, 1, NE), FE (3, 1, NE),	ARQUI073
- FE (1, 2, NE), FE (2, 2, NE), FE (3, 2, NE),	ARQUI074
- FE (1, 3, NE), FE (2, 3, NE), FE (3, 3, NE)	ARQUI075
110 CONTINUE	ARQUI076
RESUL = .TRUE.	ARQUI077
LOCK (NADC)	ARQUI078
LOCK (NAFS)	ARQUI079
RETURN	ARQUI080
C	ARQUI081
C----- ERROS.	ARQUI082
C	ARQUI083
120 CALL ERRO (2)	ARQUI084
RETURN	ARQUI085
130 CALL ERRO (17)	ARQUI086
RETURN	ARQUI087
140 CALL ERRO (35)	ARQUI088
RETURN	ARQUI089
1000 FORMAT (7201, '/DESLOCAMENTOS/CONTOURNO.')	ARQUI090
1100 FORMAT (7201, '/DESLOCAMENTOS/INTERIOR.')	ARQUI091
1200 FORMAT (7201, '/FORÇAS/DE/SUPERFICIE.')	ARQUI092
1300 FORMAT (7201, '/TENSÕES/NOS/ELEMENTOS.')	ARQUI093
1400 FORMAT (7201, '/TENSÕES/NO/INTERIOR.')	ARQUI094
1500 FORMAT (7201, '/TENSÕES/NODAIS.')	ARQUI095
END	ARQUI096

## SUBROUTINE AUTOV

- (A, R, N, MV)

		AUTOV001	
		AUTOV002	
C		AUTOV003	
C	-----	AUTOV004	
C		AUTOV005	
C	CALCULO DOS AUTOVALORES E AUTOVECTORES	AUTOV006	
C	DE UMA MATRIZ SIMETRICA	AUTOV007	
C		AUTOV008	
C	-----	AUTOV009	
C		AUTOV010	
C		AUTOV011	
C	O METODO UTILIZADO E' O METODO DE DIAGONALIZACAO	AUTOV012	
C	DE JACOBI ADAPTADO POR VON NEUMANN CONFORME ARTIGO	AUTOV013	
C	PUBLICADO NA REVISTA: 'MATHEMATICAL METHODS FOR	AUTOV014	
C	DIGITAL COMPUTERS' - 1962 - CAP. 7.	AUTOV015	
C		AUTOV016	
C	A MATRIZ ORIGINAL DEVE ESTAR ARMAZENADA NO MODO AUTOV017		
C	SIMETRICO DE ARMAZENAMENTO (PARTE INFERIOR POR LINHAS)	AUTOV018	
C	E A MATRIZ 'R' NAO PODE OCUPAR O MESMO ESPACO DA	AUTOV019	
C	MATRIZ ORIGINAL.	AUTOV020	
C		AUTOV021	
C	A MATRIZ ORIGINAL SERA DESTRUIDA NO DECORRER DA	AUTOV022	
C	ROTINA, RESTANDO NA DIAGONAL OS AUTOVALORES.	AUTOV023	
C		AUTOV024	
C		AUTOV025	
C	-----	AUTOV026	
C	PARAMETROS FORMAIS:	AUTOV027	
C		AUTOV028	
	INTEGER		
-	N,	% ORDEM DAS MATRIZES 'A' E 'R'	AUTOV029
-	MV	% CODIGO DE ENTRADA	AUTOV030
		% 0 - CALCULA AUTOVALORES E AUTOVECTORES	AUTOV031
		% 1 - CALCULA AUTOVALORES	AUTOV032
C		AUTOV033	
	REAL		AUTOV034
-	A (1),	% MATRIZ ORIGINAL (SIMETRICA)	AUTOV035
-		% DURANTE OS CALCULOS A MATRIZ E'	AUTOV036
-		% DESTRUIDA, SENDO QUE NO FINAL	AUTOV037
-		% OS AUTOVALORES ESTARAO EM ORDEM	AUTOV038
-		% DECRESCENTE NAS POSICOES DOS	AUTOV039
-		% ELEMENTOS DA DIAGONAL PRINCIPAL	AUTOV040
-	R (1)	% MATRIZ ONDE ESTARAO ARMAZENADOS	AUTOV041
		% OS AUTOVECTORES POR COLUNAS NA	AUTOV042
		% MESMA ORDEM DOS AUTOVALORES	AUTOV043
C		AUTOV044	
C		AUTOV045	
C	-----	AUTOV046	
C	VARIAVEIS LOCAIS:	AUTOV047	
C		AUTOV048	
	INTEGER		AUTOV049
-		% INDICES GERAIS	
-	I,	%	AUTOV050
-	J,	%	AUTOV051
-	K,	%	AUTOV052
-	L,	%	AUTOV053
-	M,	%	AUTOV054
-		% INDICES AUXILIARES,	AUTOV055
-	IA,	%	AUTOV056
-	IJ,	%	AUTOV057
-	IL,	%	AUTOV058

-	ILQ,	Z	AUTOV059
-	ILR,	Z	AUTOV060
-	IM,	Z	AUTOV061
-	IMQ,	Z	AUTOV062
-	IMR,	Z	AUTOV063
-	INC,	Z	AUTOV064
-	IQ,	Z	AUTOV065
-	IQ,	Z	AUTOV066
-	LL,	Z	AUTOV067
-	LM,	Z	AUTOV068
-	LQ,	Z	AUTOV069
-	MQ,	Z	AUTOV070
-	MM,	Z	AUTOV071
-	NI	Z	AUTOV072
C			AUTOV073
	REAL		AUTOV074
-		Z VARIÁVEIS AUXILIARES	AUTOV075
-	X,	Z	AUTOV076
-	Y,	Z	AUTOV077
-		Z FUNÇÕES TRIGONÔMETRICAS DO	AUTOV078
-		Z ÂNGULO DE ROTAÇÃO	AUTOV079
-	COSX,	Z COSENO	AUTOV080
-	COSX2,	Z QUADRADO DO COSENO	AUTOV081
-	SENX,	Z SENO	AUTOV082
-	SENX2,	Z QUADRADO DO SENO	AUTOV083
-	SCX,	Z PRODUTO DO COSENO PELO SENO	AUTOV084
-	NORMI,	Z NORMA INICIAL	AUTOV085
-	NORMF,	Z NORMA FINAL	AUTOV086
-	RANGE,	Z MULTIPLICADOR DA NORMA FINAL	AUTOV087
-	THR	Z LIMITE (THRESHOLD)	AUTOV088
C			AUTOV089
	DATA		AUTOV090
-	RANGE / 1E-5 /		AUTOV091
C			AUTOV092
C			AUTOV093
C-----	PROCEDIMENTOS.		AUTOV094
C			AUTOV095
C-----	INICIALIZAÇÕES.		AUTOV096
C			AUTOV097
	NI = N - 1		AUTOV098
C			AUTOV099
C-----	VERIFICAÇÃO DO CÓDIGO DE ENTRADA.		AUTOV100
C			AUTOV101
	IF (MV.EQ. 1) GO TO 120		AUTOV102
C			AUTOV103
C-----	GERAÇÃO DA MATRIZ IDENTIDADE.		AUTOV104
C			AUTOV105
	IO = -N		AUTOV106
	DO 110 J = 1, N		AUTOV107
	IO = IO + N		AUTOV108
	DO 100 I = 1, N		AUTOV109
	IO = IO + 1		AUTOV110
	R(IJ) = 0.		AUTOV111
	IF (I.EQ. J) R(IJ) = 1.		AUTOV112
100	CONTINUE		AUTOV113
110	CONTINUE		AUTOV114
C			AUTOV115
C-----	CÁLCULO DAS NORMAS INICIAL E FINAL.		AUTOV116



C		AUTOV117
120	CONTINUE	AUTOV118
	NORMI = 0.	AUTOV119
	DO 150 I = 1, N	AUTOV120
	DO 140 J = 1, N	AUTOV121
	IF (I .EQ. J) GO TO 130	AUTOV122
	IA = 1 + (J + J - I) / 2	AUTOV123
	NORMI = NORMI + A (IA) + A (IA)	AUTOV124
130	CONTINUE	AUTOV125
140	CONTINUE	AUTOV126
150	CONTINUE	AUTOV127
	IF (NORMI .LE. 0) GO TO 310	AUTOV128
	NORMI = SQRT (2. * NORMI)	AUTOV129
	NORMF = NORMI * RANGE / FLOAT (N)	AUTOV130
C		AUTOV131
C-----	INICIALIZACAO DOS INDICADORES.	AUTOV132
C	CALCULO DO LIMITE (THRESHOLD).	AUTOV133
C		AUTOV134
	IND = 0	AUTOV135
	THR = NORMI	AUTOV136
160	CONTINUE	AUTOV137
	THR = THR / FLOAT (N)	AUTOV138
170	CONTINUE	AUTOV139
	L = 1	AUTOV140
180	CONTINUE	AUTOV141
	M = L + 1	AUTOV142
C		AUTOV143
C-----	CALCULO DAS FUNCOES TRIGONOMETRICAS.	AUTOV144
C		AUTOV145
190	CONTINUE	AUTOV146
	MQ = (M * M - M) / 2	AUTOV147
	LQ = (L * L - L) / 2	AUTOV148
	LM = L + MQ	AUTOV149
	IF (ABS (A (LM)) .LT. THR) GO TO 270	AUTOV150
	IND = 1	AUTOV151
	LL = L + LQ	AUTOV152
	MM = M + MQ	AUTOV153
	X = (A (LL) - A (MM)) / 2.	AUTOV154
	Y = -A (LM) / SQRT (A (LM) <sup>2</sup> + A (LM) + X + X)	AUTOV155
	IF (X .LT. 0.) Y = -Y	AUTOV156
	SENX = Y / SQRT (2. * (1. + (SQRT (1. - Y + Y))))	AUTOV157
	SENX2 = SENX * SENX	AUTOV158
	COSX = SQRT (1. - SENX2)	AUTOV159
	COSX2 = COSX * COSX	AUTOV160
	SCX = SENX * COSX	AUTOV161
C		AUTOV162
C-----	ROTACAO DAS COLUNAS 'L' E 'M'.	AUTOV163
C		AUTOV164
	ILQ = N * (L - 1)	AUTOV165
	IMQ = N * (M - 1)	AUTOV166
	DO 260 I = 1, N	AUTOV167
	IQ = (I + I - 1) / 2	AUTOV168
	IF (I .EQ. L .OR. I .EQ. M) GO TO 240	AUTOV169
	IF (I .GT. M) GO TO 200	AUTOV170
	IM = I + MQ	AUTOV171
	GO TO 210	AUTOV172
200	CONTINUE	AUTOV173
	IM = IQ * M	AUTOV174

210	CONTINUE	AUTOV175
	IF (I .GE. L) GO TO 220	AUTOV176
	IL = I + LQ	AUTOV177
	GO TO 230	AUTOV178
220	CONTINUE	AUTOV179
	IL = IQ + L	AUTOV180
230	CONTINUE	AUTOV181
	X = A (IL) * COSX - A (IM) * SENX	AUTOV182
	A (IM) = A (IL) * SENX + A (IM) * COSX	AUTOV183
	A (IL) = X	AUTOV184
240	CONTINUE	AUTOV185
	IF (MY .EQ. 1) GO TO 250	AUTOV186
	ILR = ILQ + I	AUTOV187
	IMR = IMQ + I	AUTOV188
	X = R (ILR) * COSX - R (IMR) * SENX	AUTOV189
	R (IMR) = R (ILR) * SENX + R (IMR) * COSX	AUTOV190
	R (ILR) = X	AUTOV191
250	CONTINUE	AUTOV192
260	CONTINUE	AUTOV193
	X = Z. * A (LM) * SCX	AUTOV194
	Y = A (LL) * COSX2 + A (MM) * SENX2 - X	AUTOV195
	X = A (LL) * SENX2 + A (MM) * COSX2 + X	AUTOV196
	A (LM) = (A (LL) - A (MM)) * SCX + A (LM) * (COSX2 - SENX2)	AUTOV197
	A (LL) = Y	AUTOV198
	A (MM) = X	AUTOV199
C		AUTOV200
C-----	VERIFICACOES DE ROTACAO COMPLETA.	AUTOV201
C		AUTOV202
C-----	VERIFICACAO PARA M = ULTIMA COLUMNA.	AUTOV203
C		AUTOV204
270	CONTINUE	AUTOV205
	IF (M .EQ. N) GO TO 280	AUTOV206
	M = M + 1	AUTOV207
	GO TO 190	AUTOV208
280	CONTINUE	AUTOV209
C		AUTOV210
C-----	VERIFICACAO PARA L = PENULTIMA COLUMNA.	AUTOV211
C		AUTOV212
	IF (L .EQ. N1) GO TO 290	AUTOV213
	L = L + 1	AUTOV214
	GO TO 130	AUTOV215
290	CONTINUE	AUTOV216
	IF (IND .NE. 1) GO TO 300	AUTOV217
	IND = 0	AUTOV218
	GO TO 170	AUTOV219
300	CONTINUE	AUTOV220
C		AUTOV221
C-----	COMPARACAO DO LIMITE COM A NORMA FINAL.	AUTOV222
C		AUTOV223
	IF (IHR .GT. NORMF) GO TO 160	AUTOV224
C		AUTOV225
C-----	ORDENACAO DOS AUTOVALORES E AUTOVETORES.	AUTOV226
C		AUTOV227
310	CONTINUE	AUTOV228
	IQ = -N	AUTOV229
	DO 360 I = 1, N	AUTOV230
	IQ = IQ + N	AUTOV231
	LL = 1 + (1 + 1 - IQ) / 2	AUTOV232

JQ = X * (I - 2)	AUTOV233
DO 350 J = 1, N	AUTOV234
JQ = JQ + N	AUTOV235
MM = J + (J * J - J) / 2	AUTOV236
IF (A (LL) .GE. A (MM)) GO TO 340	AUTOV237
X = A (LL)	AUTOV238
A (LL) = A (MM)	AUTOV239
A (MM) = X	AUTOV240
IF (MV .EQ. 1) GO TO 330	AUTOV241
DO 320 K = 1, N	AUTOV242
ILR = IQ + K	AUTOV243
IMR = JQ + K	AUTOV244
X = R (ILR)	AUTOV245
R (ILR) = R (IMR)	AUTOV246
R (IMR) = X	AUTOV247
320 CONTINUE	AUTOV248
330 CONTINUE	AUTOV249
340 CONTINUE	AUTOV250
350 CONTINUE	AUTOV251
360 CONTINUE	AUTOV252
RETURN	AUTOV253
END	AUTOV254

```

SUBROUTINE BITOF                                     BITOF001
- (N, NSIT)                                         BITOF002
C                                                    BITOF003
C-----BITOF004
C                                                    BITOF005
C                COLOCA O NO BIT 'NSIT' DO ELEMENTO   BITOF006
C                'N' DO VETOR 'IBIT'                 BITOF007
C                                                    BITOF008
C-----BITOF009
C                                                    BITOF010
C                                                    BITOF011
C-----PARAMETROS FORMAIS:                        BITOF012
C                                                    BITOF013
C                INTEGER                             BITOF014
C                - N,                                % NUMERO DO ELEMENTO DO VETOR 'IBIT' BITOF015
C                - NSIT                              % NUMERO DO BIT   BITOF016
C                                                    BITOF017
C                                                    BITOF018
C-----VARIAVEIS GLOBAIS:                          BITOF019
C                                                    BITOF020
C                COMMON                               BITOF021
C                - /LOGIC/ IBIT (1001)               BITOF022
C                                                    BITOF023
C                                                    BITOF024
C-----VARIAVEIS LOCAIS:                          BITOF025
C                                                    BITOF026
C                LOGICAL                             BITOF027
C                - IMPAR                             % VARIAVEL AUXILIAR DE VERIFICACAO DO BIT BITOF028
C                                                    BITOF029
C                INTEGER                             BITOF030
C                - IAUX,                             % VARIAVEL AUXILIAR DE VERIFICACAO DO BIT BITOF031
C                - IPOT (16)                         % VETOR QUE CONTEM AS POTENCIAS DE 2 BITOF032
C                                                    BITOF033
C                DATA                               BITOF034
C                - IPOT / 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, BITOF035
C                - 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16384, 32768 / BITOF036
C                                                    BITOF037
C                EQUIVALENCE                          BITOF038
C                - (IMPAR, IAUX)                     BITOF039
C                                                    BITOF040
C                                                    BITOF041
C-----PROCEDIMENTOS.,                            BITOF042
C                                                    BITOF043
C                IAUX = IBIT (N) / IPOT (NSIT)        BITOF044
C                IF (.NOT. IMPAR) RETURN              BITOF045
C                IBIT (N) = IBIT (N) - IPOT (NSIT)    BITOF046
C                RETURN                                BITOF047
C                END                                  BITOF048

```

SUBROUTINE BITON	BITON001
- (N, NBIT)	BITON002
C	BITON003
C-----	BITON004
C	BITON005
C	BITON006
C	BITON007
C	BITON008
C-----	BITON009
C	BITON010
C	BITON011
C-----	BITON012
C	BITON013
INTEGER	BITON014
- N,	% NUMERO DO ELEMENTO DO VETOR 'IBIT'
- NBIT	% NUMERO DO BIT
C	BITON017
C	BITON018
C-----	BITON019
C	BITON020
COMMON	BITON021
- /LOGIC/ IBIT (1001)	BITON022
C	BITON023
C	BITON024
C-----	BITON025
C	BITON026
LOGICAL	BITON027
- IMPAR	% VARIÁVEL AUXILIAR DE VERIFICAÇÃO DO BIT
C	BITON029
INTEGER	BITON030
- IAUX,	% VARIÁVEL AUXILIAR DE VERIFICAÇÃO DO BIT
- IPOT (16)	% VETOR QUE CONTEM AS POTÊNCIAS DE 2
C	BITON033
DATA	BITON034
- IPOT / 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128,	BITON035
- 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16384, 32768 /	BITON036
C	BITON037
EQUIVALENCE	BITON038
- (IMPAR, IAUX)	BITON039
C	BITON040
C	BITON041
C-----	BITON042
C	BITON043
IAUX = IBIT (N) / IPOT (NBIT)	BITON044
IF (IMPAR) RETURN	BITON045
IBIT (N) = IBIT (N) + IPOT (NBIT)	BITON046
RETURN	BITON047
END	BITON048

BLOCK DATA	BLOCK001
C	BLOCK002
C-----	BLOCK003
C	BLOCK004
C	BLOCK005
C	BLOCK006
C-----	BLOCK007
C	BLOCK008
C	BLOCK009
C-----	BLOCK010
C	BLOCK011
C	BLOCK012
LOGICAL	BLOCK013
- FALSE,	BLOCK014
- IMPM,	BLOCK015
- RESUL	BLOCK016
C	BLOCK017
COMMON	BLOCK018
- /ARQUI/ NAL, NAI, NAR, NAM, NADC, NADI, NAFS, NAIE, NATI, NATN	BLOCK019
- /CARRE/ NCA, NCC, NMCC	BLOCK020
- /CONET/ NEL, NME	BLOCK021
- /COORD/ NNC, NMNC	BLOCK022
- /ESTAT/ RESUL, IMPM, NRL, NER, TEMPO (4)	BLOCK023
- /INCOG/ NI, NMI	BLOCK024
- /INTER/ NNI, NMNI	BLOCK025
- /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101), IAPR, IREG (72),	BLOCK026
- IAPI, COM (54), NTC	BLOCK027
- /TITUL/ NLIN, NMLIN, RNONE (12, 3), DAT (2), HOR (2), NPAG	BLOCK028
C	BLOCK029
DATA	BLOCK030
- IAPI / 0 /,	BLOCK031
- NAL / 5 /,	BLOCK032
- NAI / 6 /,	BLOCK033
- NAR / 7 /,	BLOCK034
- NAM / 8 /,	BLOCK035
- NADC / 9 /,	BLOCK036
- NADI / 10 /,	BLOCK037
- NAFS / 11 /,	BLOCK038
- NAIE / 12 /,	BLOCK039
- NATI / 13 /,	BLOCK040
- NATN / 14 /,	BLOCK041
- NCA / 1 /,	BLOCK042
- NCC / 1 /,	BLOCK043
- NMCC / 1 /,	BLOCK044
- NEL / 1001 /,	BLOCK045
- NME / 1001 /,	BLOCK046
- NNC / 1001 /,	BLOCK047
- NMNC / 1001 /,	BLOCK048
- NNI / 1001 /,	BLOCK049
- NMNI / 1001 /,	BLOCK050
- NMI / 3003 /,	BLOCK051
- NTC / 54 /,	BLOCK052
- NMLIN / 60 /,	BLOCK053
- NRL / 0 /,	BLOCK054
- NPAG / -1 /,	BLOCK055
- TEMPO / 0., 0., 0., 0. /,	BLOCK056
- RNONE / *SISTEMA DE ANALISE LINEAR PARA ELASTICIDADE*,	BLOCK057
- *E TRIDIMENSIONAL	BLOCK058
- *METODO DOS ELEMENTOS DE CONTOURNO	

-				BL0CK059
-				BL0CK060
-				BL0CK061
-	CON	'TITU'	X 01 X	BL0CK062
-		'COOR'	X 02 X	BL0CK063
-		'CONV'	X 03 X	BL0CK064
-		'CONS'	X 04 X	BL0CK065
-		'RESF'	X 05 X	BL0CK066
-		'DESL'	X 06 X	BL0CK067
-		'CARR'	X 07 X	BL0CK068
-		'ANAL'	X 08 X	BL0CK069
-		'IMPR'	X 09 X	BL0CK070
-		'FINA'	X 10 X	BL0CK071
-		'FGRC'	X 11 X	BL0CK072
-		'TEMP'	X 12 X	BL0CK073
-		'GRAD'	X 13 X	BL0CK074
-		'PESD'	X 14 X	BL0CK075
-		'CONF'	X 15 X	BL0CK076
-		'INTE'	X 16 X	BL0CK077
-		'PRES'	X 17 X	BL0CK078
-		'NGDA'	X 18 X	BL0CK079
-		'ELEM'	X 19 X	BL0CK080
-		'DADD'	X 20 X	BL0CK081
-		'RESU'	X 21 X	BL0CK082
-		'SGMA'	X 22 X	BL0CK083
-		'PATR'	X 23 X	BL0CK084
-		'ORIG'	X 24 X	BL0CK085
-		'RUTA'	X 25 X	BL0CK086
-		'CART'	X 26 X	BL0CK087
-		'CILI'	X 27 X	BL0CK088
-		'ESFE'	X 28 X	BL0CK089
-		'X '	X 29 X	BL0CK090
-		'Y '	X 30 X	BL0CK091
-		'Z '	X 31 X	BL0CK092
-		'R '	X 32 X	BL0CK093
-		'A '	X 33 X	BL0CK094
-		'B '	X 34 X	BL0CK095
-		'C '	X 35 X	BL0CK096
-		'ATE'	X 36 X	BL0CK097
-		'IGDD'	X 37 X	BL0CK098
-		'TENS'	X 38 X	BL0CK099
-		'DE '	X 39 X	BL0CK100
-		'SUPE'	X 40 X	BL0CK101
-		'NPIC'	X 41 X	BL0CK102
-		'NPIT'	X 42 X	BL0CK103
-		'E '	X 43 X	BL0CK104
-		'CP '	X 44 X	BL0CK105
-		'PE '	X 45 X	BL0CK106
-		'CBL '	X 46 X	BL0CK107
-		'ALFA'	X 47 X	BL0CK108
-		'BETA'	X 48 X	BL0CK109
-		'GAMA'	X 49 X	BL0CK110
-		'MULT'	X 50 X	BL0CK111
-		'PASS'	X 51 X	BL0CK112
-		'MATR'	X 52 X	BL0CK113
-		'LLR '	X 53 X	BL0CK114
-		'GRAV'	X 54 X	BL0CK115
-				BL0CK116

```

SUBROUTINE CCONS                                     CCONS001
C                                                     CCONS002
C----- CCONS003
C                                                     CCONS004
C          CALCULO DAS CONSTANTES                     CCONS005
C                                                     CCONS006
C----- CCONS007
C                                                     CCONS008
C                                                     CCONS009
C----- CCONS010
C          VARIAVEIS GLOBAIS:                         CCONS011
C                                                     CCONS012
COMMON                                              CCONS013
- /CONST/ E, CP, PE, COL, NPICG, NPICE, NP11, UD, UF, C1, CCONS014
- C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, CCONS015
- C13, C14, C15, C16, RM (3, 202), RN (3, 202) CCONS016
- /COORD/ NNC, NMNC, XC (3, 1001) CCONS017
C                                                     CCONS018
C----- CCONS019
C          VARIAVEIS LOCAIS:                         CCONS020
C                                                     CCONS021
INTEGER                                           CCONS022
- I, Z INDICE GERAL CCONS023
- J, Z INDICE GERAL CCONS024
- LAP, Z APONTADOR DO PRIMEIRO PONTO DE INTEG. CCONS025
- LIM, Z VARIAVEL AUXILIAR CCONS026
- N01, Z NUMERO DE PONTO 1 CCONS027
- N02 Z NUMERO DE PONTO 2 CCONS028
C                                                     CCONS029
REAL                                              CCONS030
- DIST, Z DISTANCIA ENTRE OS PONTOS 1 E 2 CCONS031
- PI, Z NUMERO PI CCONS032
- X1, Z COORDENADA X DO PONTO 1 CCONS033
- X1X2, Z DIFERENCA ENTRE AS COORDENADAS X CCONS034
- Z ENTRE OS PONTOS 1 E 2 CCONS035
- Y1, Z COORDENADA Y DO PONTO 1 CCONS036
- Y1Y2, Z DIFERENCA ENTRE AS COORDENADAS Y CCONS037
- Z ENTRE OS PONTOS 1 E 2 CCONS038
- Z1, Z COORDENADA Z DO PONTO 1 CCONS039
- Z1Z2, Z DIFERENCA ENTRE AS COORDENADAS Z CCONS040
- Z ENTRE OS PONTOS 1 E 2 CCONS041
- W (202) Z VETOR DE PESOS CCONS042
C                                                     CCONS043
DATA                                              CCONS044
- PI / 3.1415926535 / CCONS045
C                                                     CCONS046
C----- CCONS047
C          PROCEDIMENTOS. CCONS048
C                                                     CCONS049
C----- CCONS050
C          CONSTANTES FISICAS CCONS051
C                                                     CCONS052
C9 = 2. * CP - 1. CCONS053
C12 = 1. / (C1 - CP) CCONS054
C13 = C / (C1 + CP) CCONS055
C7 = C12 / 8. / PI CCONS056
C1 = C7 / C13 CCONS057
C2 = C1 - 4. * CP CCONS058
C3 = C7 * C9 CCONS059
C4 = C1 / C9 CCONS060

```



C5 = C1 \* (-C9)  
 C6 = C0L \* E / (-C9)  
 C7 = C7 \* C13  
 C8 = 3. \* CP  
 C10 = 4. \* CP - 1.  
 C11 = CP / C9  
 C14 = C12 \* C13  
 C16 = C0L \* E \* C12  
 C12 = C12 \* CP  
 C15 = C12 \* C13

C  
 C----- UNIDADE DE DESLOCAMENTO.

C  
 LIM = NNC - 1  
 UD = 0.  
 DO 110 NO1 = 1, LIM  
   X1 = XC (1, NO1)  
   Y1 = XC (2, NO1)  
   Z1 = XC (3, NO1)  
   DO 100 NO2 = NO1 + 1, NNC  
     X1X2 = X1 - XC (1, NO2)  
     Y1Y2 = Y1 - XC (2, NO2)  
     Z1Z2 = Z1 - XC (3, NO2)  
     DIST = SQRT (X1X2 \* X1X2 + Y1Y2 \* Y1Y2 + Z1Z2 \* Z1Z2)  
     IF (DIST .GT. UD) UD = DIST

100 CONTINUE

110 CONTINUE

C  
 C----- UNIDADE DE FORÇA DE SUPERFÍCIE.

UF = E

C  
 C----- CONSTANTES DE INTEGRAÇÃO.

IAP = 1

IF (NPIC0 .NE. 64) GO TO 120  
 CALL GER64 (RM (1, IAP), W (IAP))  
 GO TO 130

120 CONTINUE

CALL GER12 (NPIC0, RM (1, IAP), W (IAP))

130 CONTINUE

IAP = NPIC0 + 1

IF (NPICE .EQ. 0) GO TO 160  
 IF (NPICE .NE. 64) GO TO 140  
 CALL GER64 (RM (1, IAP), W (IAP))  
 GO TO 150

140 CONTINUE

CALL GER12 (NPICE, RM (1, IAP), W (IAP))

150 CONTINUE

160 CONTINUE

IAP = NPIC0 + NPICE + 1  
 IF (NPIC1 .NE. 64) GO TO 170  
 CALL GER64 (RM (1, IAP), W (IAP))  
 GO TO 140

170 CONTINUE

CALL GER12 (NPIC1, RM (1, IAP), W (IAP))

180 CONTINUE

LIM = NPIC0 + NPICE + NPIC1

CC0NS059  
 CC0NS060  
 CC0NS061  
 CC0NS062  
 CC0NS063  
 CC0NS064  
 CC0NS065  
 CC0NS066  
 CC0NS067  
 CC0NS068  
 CC0NS069  
 CC0NS070  
 CC0NS071  
 CC0NS072  
 CC0NS073  
 CC0NS074  
 CC0NS075  
 CC0NS076  
 CC0NS077  
 CC0NS078  
 CC0NS079  
 CC0NS080  
 CC0NS081  
 CC0NS082  
 CC0NS083  
 CC0NS084  
 CC0NS085  
 CC0NS086  
 CC0NS087  
 CC0NS088  
 CC0NS089  
 CC0NS090  
 CC0NS091  
 CC0NS092  
 CC0NS093  
 CC0NS094  
 CC0NS095  
 CC0NS096  
 CC0NS097  
 CC0NS098  
 CC0NS099  
 CC0NS100  
 CC0NS101  
 CC0NS102  
 CC0NS103  
 CC0NS104  
 CC0NS105  
 CC0NS106  
 CC0NS107  
 CC0NS108  
 CC0NS109  
 CC0NS110  
 CC0NS111  
 CC0NS112  
 CC0NS113  
 CC0NS114  
 CC0NS115  
 CC0NS116

```
DO 200 I = 1, 3
  DO 190 J = 1, LIM
    RM (I, J) = RM (I, J) * W (J) / 2.
190  CONTINUE
200 CONTINUE
RETURN
END
```

CCONS117

CCONS118

CCONS119

CCONS120

CCONS121

CCONS122

CCONS123

```

SUBROUTINE CNJFL                                CNJFL001
C                                                CNJFL002
C-----
C                                                CNJFL003
C                                                CNJFL004
C                CALCULO DA NORMAL E DO JACOBIANO.    CNJFL005
C                ELEMENTO TRIANGULAR DE VARIACAO LINEAR CNJFL006
C                                                CNJFL007
C-----
C                                                CNJFL008
C                                                CNJFL009
C                                                CNJFL010
C-----
C                VARIAVEIS GLOBAIS:                CNJFL011
C                                                CNJFL012
C                LOGICAL                            CNJFL013
C                - FALSE,                            CNJFL014
C                - IMPM,                              CNJFL015
C                - RESUL,                             CNJFL016
C                                                CNJFL017
C                COMMON                              CNJFL018
C                - /AROUT/ NAL, NAI, NAR              CNJFL019
C                - /CONET/ NEL, NME, ICON (3, 1001)  CNJFL020
C                - /COORD/ NNC, NMNC, XC (3, 1001)    CNJFL021
C                - /ESTAT/ RESUL, IMPM, NRL, NER      CNJFL022
C                - /NORHA/ VN (3, 1001), G (1001)    CNJFL023
C                                                CNJFL024
C                                                CNJFL025
C-----
C                VARIAVEIS LOCAIS:                  CNJFL026
C                                                CNJFL027
C                INTEGER                             CNJFL028
C                - NE,                                CNJFL029
C                - NP1,                               CNJFL030
C                - NP2,                               CNJFL031
C                - NP3,                               CNJFL032
C                                                CNJFL033
C                REAL                                CNJFL034
C                - JACOB,                             CNJFL035
C                -                                     CNJFL036
C                - V211,                              CNJFL037
C                - V212,                              CNJFL038
C                - V213,                              CNJFL039
C                -                                     CNJFL040
C                - V311,                              CNJFL041
C                - V312,                              CNJFL042
C                - V313,                              CNJFL043
C                -                                     CNJFL044
C                - VN1,                                CNJFL045
C                - VN2,                                CNJFL046
C                - VN3,                                CNJFL047
C                                                CNJFL048
C                                                CNJFL049
C-----
C                PROCEDIMENTOS.                     CNJFL050
C                                                CNJFL051
C                *LOOP* DOS ELEMENTOS.              CNJFL052
C                                                CNJFL053
C                IF (NEL.EQ. 0) RETURN                CNJFL054
C                DO 110 NE = 1, NEL                   CNJFL055
C                IF (FALSE (NE, 11)) GO TO 110        CNJFL056
C                                                CNJFL057
C-----
C                GUARENCA DOS PONTOS QUE DEFINEM O ELEMENTO ATUAL. CNJFL058

```

```

C
      NP1  = ICUN (1, NE)
      NP2  = ICUN (2, NE)
      NP3  = ICUN (3, NE)

C
C-----      CALCULO DAS COMPONENTES DOS VETORES 'V21' E 'V31'.
C
      V211 = XC (1, NP2) - XC (1, NP1)
      V212 = XC (2, NP2) - XC (2, NP1)
      V213 = XC (3, NP2) - XC (3, NP1)
      V311 = XC (1, NP3) - XC (1, NP1)
      V312 = XC (2, NP3) - XC (2, NP1)
      V313 = XC (3, NP3) - XC (3, NP1)

C
C-----      CALCULO DAS COMPONENTES DA NORMAL.
C
      VN1  = V212 * V313 - V213 * V312
      VN2  = V213 * V311 - V211 * V313
      VN3  = V211 * V312 - V212 * V311

C
C-----      CALCULO DO JACOBIANO.
C
      JACOB = SQRT (VN1 * VN1 + VN2 * VN2 + VN3 * VN3)

C
C-----      VERIFICA SE O JACOBIANO E' NULO.
C
      IF (ABS (JACOB) .GT. 1E-30) GO TO 100
      NER = NER + 1
      WRITE (NAR, 1000) NE
      GO TO 110

100  CONTINUE

C
C-----      ARMAZENA O JACOBIANO.
C
      G (NE) = JACOB

C
C-----      ARMAZENAMENTO DO VETOR NORMAL NORMALIZADO.
C
      VN (1, NE) = VN1 / JACOB
      VN (2, NE) = VN2 / JACOB
      VN (3, NE) = VN3 / JACOB

110 CONTINUE
      RETURN

1000 FORMAT (I02, '***** ELEMENTO ', I5, ' COM AREA NULA')
      END

```

CNJTL059  
 CNJTL060  
 CNJTL061  
 CNJTL062  
 CNJTL063  
 CNJTL064  
 CNJTL065  
 CNJTL066  
 CNJTL067  
 CNJTL068  
 CNJTL069  
 CNJTL070  
 CNJTL071  
 CNJTL072  
 CNJTL073  
 CNJTL074  
 CNJTL075  
 CNJTL076  
 CNJTL077  
 CNJTL078  
 CNJTL079  
 CNJTL080  
 CNJTL081  
 CNJTL082  
 CNJTL083  
 CNJTL084  
 CNJTL085  
 CNJTL086  
 CNJTL087  
 CNJTL088  
 CNJTL089  
 CNJTL090  
 CNJTL091  
 CNJTL092  
 CNJTL093  
 CNJTL094  
 CNJTL095  
 CNJTL096  
 CNJTL097  
 CNJTL098  
 CNJTL099  
 CNJTL100  
 CNJTL101  
 CNJTL102  
 CNJTL103

SUBROUTINE CONS1	CONS1001
C	CONS1002
C-----	CONS1003
C	CONS1004
C	CONS1005
C	CONS1006
C-----	CONS1007
C	CONS1008
C	CONS1009
C-----	CONS1010
C	CONS1011
LOGICAL	CONS1012
- RESUL,	CONS1013
- IMP4,	CONS1014
- TRUE	CONS1015
C	CONS1016
COMMON	CONS1017
- /ARQUI/ NAL, NAI, NAR	CONS1018
- /COMET/ NEL	CONS1019
- /COGRD/ NNC	CONS1020
- /ESTAT/ RESUL, IMP4, NRI, NER	CONS1021
- /INTER/ NNI	CONS1022
- /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101)	CONS1023
C	CONS1024
C	CONS1025
C-----	CONS1026
C	CONS1027
INTEGER	CONS1028
- NE,                   % NUMERO DE ELEMENTO	CONS1029
- NO                   % NUMERO DE NO	CONS1030
C	CONS1031
C	CONS1032
C-----	CONS1033
C	CONS1034
C-----	CONS1035
C	CONS1036
IF (NNC .GT. 0) GO TO 100	CONS1037
NER = NER + 1	CONS1038
WRITE (NAR, 1000)	CONS1039
100 CONTINUE	CONS1040
C	CONS1041
C-----	CONS1042
C	CONS1043
IF (NEL .GT. 0) GO TO 110	CONS1044
NER = NER + 1	CONS1045
WRITE (NAR, 1100)	CONS1046
110 CONTINUE	CONS1047
IF (NER .NE. 0) RETURN	CONS1048
C	CONS1049
C-----	CONS1050
C	CONS1051
C-----	CONS1052
C	CONS1053
DO 120 NO = 1, NNC	CONS1054
IF (TRUE (NO, 8)) GO TO 120	CONS1055
NER = NER + 1	CONS1056
WRITE (NAR, 1200) NO	CONS1057
120 CONTINUE	CONS1058

C		CONS1059
C-----	COORDENADAS DO INTERIOR.	CONS1060
C		CONS1061
	IF (NNI .EQ. 0) GO TO 140	CONS1062
	DO 130 NO = 1, NNI	CONS1063
	IF (TRUE (NO, 9)) GO TO 130	CONS1064
	NER = NER + 1	CONS1065
	WRITE (NAR, 1300) NO	CONS1066
	130 CONTINUE	CONS1067
C		CONS1068
C-----	VERIFICA SE TODOS OS PONTOS DO CONTORNO	CONS1069
C	PERTENCEM A PELOS MENOS ALCUM ELEMENTO.	CONS1070
C		CONS1071
	140 CONTINUE	CONS1072
	DO 150 NO = 1, NNC	CONS1073
	IF (TRUE (NO, 10)) GO TO 150	CONS1074
	NER = NER + 1	CONS1075
	WRITE (NAR, 1400) NO	CONS1076
	150 CONTINUE	CONS1077
C		CONS1078
C-----	VERIFICA SE FORAM DADAS TODAS AS	CONS1079
C	CONETIVIDADES DOS ELEMENTOS.	CONS1080
C		CONS1081
	DO 160 NE = 1, NEL	CONS1082
	IF (TRUE (NE, 11)) GO TO 160	CONS1083
	NER = NER + 1	CONS1084
	WRITE (NAR, 1500) NE	CONS1085
	160 CONTINUE	CONS1086
C		CONS1087
C-----	VERIFICA SE FOI DADA AO MENOS UMA	CONS1088
C	RESTRICAO NODAL.	CONS1089
C		CONS1090
	DO 170 NO = 1, NNC	CONS1091
	IF (TRUE (NO, 7)) RETURN	CONS1092
	170 CONTINUE	CONS1093
	NER = NER + 1	CONS1094
	WRITE (NAR, 1600)	CONS1095
	RETURN	CONS1096
	1000 FORMAT (102, '.... NAO EXISTE NENHUM NO DO CONTORNO DEFINIDO')	CONS1097
	1100 FORMAT (102, '.... NAO EXISTE NENHUM ELEMENTO DEFINIDO')	CONS1098
	1200 FORMAT (102, '.... FALTAM COORDENADAS DO NO ',	CONS1099
	J4, ' DO CONTORNO')	CONS1100
	1300 FORMAT (102, '.... FALTAM COORDENADAS DO NO ',	CONS1101
	J4, ' DO INTERIOR')	CONS1102
	1400 FORMAT (102, '.... PONTO ',	CONS1103
	J4, 'NAO PERTENCE A NENHUM ELEMENTO')	CONS1104
	1500 FORMAT (102, '.... FALTA CONETIVIDADE DO ELEMENTO ', J4)	CONS1105
	1600 FORMAT (102, '.... NAO EXISTE NENHUMA RESTRICAO NODAL')	CONS1106
	END	CONS1107

SUBROUTINE CPESU	CPES0001
C	CPES0002
C-----	CPES0003
C	CPES0004
C	CPES0005
C	CPES0006
C	CPES0007
C-----	CPES0008
C	CPES0009
C	CPES0010
C-----	CPES0011
C	CPES0012
COMMON	CPES0013
- /DONE/ NEL	CPES0014
- /CONST/ E, CP, PE	CPES0015
- /COORD/ NNC, NNOC, XC (3, 1001)	CPES0016
- /NORMA/ VN (3, 1001)	CPES0017
- /PESOP/ EXPES, AG (3), FI (1001), GFI (1001)	CPES0018
C	CPES0019
C	CPES0020
C-----	CPES0021
C	CPES0022
INTEGER	CPES0023
- NE,                   % NUMERO DE ELEMENTO	CPES0024
- NO                   % NUMERO DE NO	CPES0025
C	CPES0026
REAL	CPES0027
- A1,                   % VARIABEL AUXILIAR	CPES0028
- A2,                   % VARIABEL AUXILIAR	CPES0029
- A3                   % VARIABEL AUXILIAR	CPES0030
C	CPES0031
C	CPES0032
C	CPES0033
C-----	CPES0034
C	CPES0035
A1 = AG (1) * PE	CPES0036
A2 = AG (2) * PE	CPES0037
A3 = AG (3) * PE	CPES0038
DO 100 NO = 1, NNC	CPES0039
FI (NO) = - XC (1, NO) * A1 - XC (2, NO) * A2	CPES0040
- XC (3, NO) * A3	CPES0041
100 CONTINUE	CPES0042
DO 110 NE = 1, NEL	CPES0043
GFI (NE) = - VN (1, NE) * A1 - VN (2, NE) * A2	CPES0044
- VN (3, NE) * A3	CPES0045
110 CONTINUE	CPES0046
RETURN	CPES0047
END	CPES0048

SUBROUTINE CICON			CTCON001
C			CTCON002
C	-----		CTCON003
C			CTCON004
C		CALCULO DAS TENSOES NO CONFORMO	CTCON005
C			CTCON006
C	-----		CTCON007
C			CTCON008
C			CTCON009
C	-----	VARIAVEIS GLOBAIS:	CTCON010
C			CTCON011
	LOGICAL		CTCON012
	- EXTPF		CTCON013
C			CTCON014
	COMMON		CTCON015
	- /ARQUI/ NAL, NAI, NAR, NAM, NADC, NADI, NAFS, NATE, NATI, NATN		CTCON016
	- /CONET/ NEL, NNE, ICON (3, 1001)		CTCON017
	- /CONST/ E, CP, PE, CBL, NPICG, NPICE, NPIL, UD, UF, C1,		CTCON018
	- C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12,		CTCON019
	- C13, C14, C15, C16		CTCON020
	- /COORD/ NNC, NMNC, XC (3, 1001)		CTCON021
	- /DESLD/ UC (3, 1001)		CTCON022
	- /FORCA/ FN (3003), FE (3, 3, 1001)		CTCON023
	- /INCOG/ NI, NMI, NO, NOP, NOI, NFI, TN (6, 1001)		CTCON024
	- /LISTA/ NNOS, NEIN (1001)		CTCON025
	- /NORMA/ VN (3, 1001), G (1001)		CTCON026
	- /TEMPE/ EXTPF, CG, TEMPE (1001)		CTCON027
C			CTCON028
C			CTCON029
C	-----	VARIAVEIS LOCAIS:	CTCON030
C			CTCON031
	INTEGER		CTCON032
	- I,	X INDICE GERAL	CTCON033
	- L,	X INDICE DE NO DE ELEMENTO	CTCON034
	- NE,	X NUMERO DE ELEMENTO	CTCON035
	- NO,	X NUMERO DE NO DE ELEMENTO	CTCON036
	- NO1,	X NUMERO DO PRIMEIRO NO DE ELEMENTO	CTCON037
	- NO2,	X NUMERO DO SEGUNDO NO DE ELEMENTO	CTCON038
	- NO3	X NUMERO DO TERCEIRO NO DE ELEMENTO	CTCON039
C			CTCON040
	REAL		CTCON041
	-	X VARIAVEIS AUXILIARES	CTCON042
	- A1,	X	CTCON043
	- A2,	X	CTCON044
	- A3,	X	CTCON045
	- A4,	X	CTCON046
	- A5,	X	CTCON047
	- A6,	X	CTCON048
	- A11,	X	CTCON049
	- A12,	X	CTCON050
	- A13,	X	CTCON051
	- A21,	X	CTCON052
	- A22,	X	CTCON053
	- A23,	X	CTCON054
	- A31,	X	CTCON055
	- A32,	X	CTCON056
	- A33,	X	CTCON057
	-	X MATRIZ DE TRANSFORMACAO DO SISTEMA DE	CTCON058



-		X COORDENADAS CARTESIANAS PARA O SISTEMA	CTCON059
-		X DE COORDENADAS INTRINSECAS.	CTCON060
-	B11,	X	CTCON061
-	B12,	X	CTCON062
-	B13,	X	CTCON063
-	B21,	X	CTCON064
-	B22,	X	CTCON065
-	B23,	X	CTCON066
-	B31,	X	CTCON067
-	B32,	X	CTCON068
-	B33,	X	CTCON069
-	C0N (9),	X COSENOS DIRETORES NODAIS	CTCON070
-	C0NE (9, 3),	X COSENOS DIRETORES NODAIS DE ELEMENTO	CTCON071
-	D12,	X DISTANCIA DO PRIMEIRO PONTO AO	CTCON072
-		X SEGUNDO PONTO DO ELEMENTO	CTCON073
-		X MATRIZ DE ROTACAO DO SISTEMA GLOBAL	CTCON074
-		X PARA O SISTEMA LOCAL DE EIXOS.	CTCON075
-	E11,	X	CTCON076
-	E12,	X	CTCON077
-	E13,	X	CTCON078
-	E21,	X	CTCON079
-	E22,	X	CTCON080
-	E23,	X	CTCON081
-	E31,	X	CTCON082
-	E32,	X	CTCON083
-	E33,	X	CTCON084
-		X DEFORMACOES NO SISTEMA LOCAL	CTCON085
-	EPS11,	X	CTCON086
-	EPS12,	X	CTCON087
-	EPS22,	X	CTCON088
-		X COMPONENTES DE FORCA DE SUPERFICIE	CTCON089
-		X NO SISTEMA LOCAL	CTCON090
-	F1,	X	CTCON091
-	F2,	X	CTCON092
-	F3,	X	CTCON093
-		X COMPONENTES DE FORCA DE SUPERFICIE	CTCON094
-		X NO SISTEMA GLOBAL	CTCON095
-	FE1,	X	CTCON096
-	FE2,	X	CTCON097
-	FE3,	X	CTCON098
-	GE,	X JACOBIANO DE ELEMENTO (AREA DUPLA)	CTCON099
-		X TENSOR DE TENSOES NO SISTEMA LOCAL	CTCON100
-	I11,	X	CTCON101
-	I12,	X	CTCON102
-	I13,	X	CTCON103
-	I22,	X	CTCON104
-	I23,	X	CTCON105
-	I33,	X	CTCON106
-	INE (6, 3),	X TENSOES NODAIS DE ELEMENTO	CTCON107
-	IPN (3),	X TENSOES PRINCIPAIS NODAIS	CTCON108
-	IPNE (3, 3),	X TENSOES PRINCIPAIS NODAIS DE ELEMENTO	CTCON109
-	IPI,	X PARCELA DO EFEITO DA TEMPERATURA	CTCON110
-		X COMPONENTES DOS DESLOCAMENTOS DOS NOS	CTCON111
-		X DE ELEMENTO (UII -> DIRECAO I NO L)	CTCON112
-	U11,	X	CTCON113
-	U21,	X	CTCON114
-	U31,	X	CTCON115
-	U12,	X	CTCON116

- U22.	X	CTCON117
- U32.	Z	CTCON118
- U13.	X	CTCON119
- U23.	Z	CTCON120
- U33.	Z	CTCON121
-	Z COORDENADAS DOS NOS DE ELEMENTOS	CTCON122
-	X (X1L -> DIRECAO I NO' L)	CTCON123
- X11.	Z	CTCON124
- X21.	Z	CTCON125
- X31.	Z	CTCON126
-	Z COMPONENTES DA NORMAL DE ELEMENTO	CTCON127
- VN1.	Z	CTCON128
- VN2.	Z	CTCON129
- VN3	Z	CTCON130

C		CTCON131
---	--	----------

C		CTCON132
---	--	----------

C-----	PROCEDIMENTOS.	CTCON133
--------	----------------	----------

C		CTCON134
---	--	----------

C	INICIALIZACOES.	CTCON135
---	-----------------	----------

C		CTCON136
---	--	----------

C	ZERAGEM DO VETOR DE TENSOES NODAIS.	CTCON137
---	-------------------------------------	----------

C		CTCON138
---	--	----------

DO 133 NO = 1, NNO		CTCON139
--------------------	--	----------

NEIN (NO) = 0		CTCON140
---------------	--	----------

IN (1, NO) = 0.		CTCON141
-----------------	--	----------

IN (2, NO) = 0.		CTCON142
-----------------	--	----------

IN (3, NO) = 0.		CTCON143
-----------------	--	----------

IN (4, NO) = 0.		CTCON144
-----------------	--	----------

IN (5, NO) = 0.		CTCON145
-----------------	--	----------

IN (6, NO) = 0.		CTCON146
-----------------	--	----------

100 CONTINUE		CTCON147
--------------	--	----------

C		CTCON148
---	--	----------

C-----	LOOP DOS ELEMENTOS.	CTCON149
--------	---------------------	----------

C		CTCON150
---	--	----------

DO 133 NE = 1, NEL		CTCON151
--------------------	--	----------

C		CTCON152
---	--	----------

C	INICIALIZACOES	CTCON153
---	----------------	----------

C		CTCON154
---	--	----------

GE = G (NE)		CTCON155
-------------	--	----------

NO1 = ICON (1, NE)		CTCON156
--------------------	--	----------

NO2 = ICON (2, NE)		CTCON157
--------------------	--	----------

NO3 = ICON (3, NE)		CTCON158
--------------------	--	----------

U11 = UC (1, NO1)		CTCON159
-------------------	--	----------

U21 = UC (2, NO1)		CTCON160
-------------------	--	----------

U31 = UC (3, NO1)		CTCON161
-------------------	--	----------

U12 = UC (1, NO2)		CTCON162
-------------------	--	----------

U22 = UC (2, NO2)		CTCON163
-------------------	--	----------

U32 = UC (3, NO2)		CTCON164
-------------------	--	----------

U13 = UC (1, NO3)		CTCON165
-------------------	--	----------

U23 = UC (2, NO3)		CTCON166
-------------------	--	----------

U33 = UC (3, NO3)		CTCON167
-------------------	--	----------

X11 = XC (1, NO1)		CTCON168
-------------------	--	----------

X21 = XC (2, NO1)		CTCON169
-------------------	--	----------

X31 = XC (3, NO1)		CTCON170
-------------------	--	----------

VN1 = VV (1, NE)		CTCON171
------------------	--	----------

VN2 = VV (2, NE)		CTCON172
------------------	--	----------

VN3 = VV (3, NE)		CTCON173
------------------	--	----------

A1 = XC (1, NO2) - X11		CTCON174
------------------------	--	----------

```

A2 = XC (2, NO2) - X21
A3 = XC (3, NO2) - X31
A4 = XC (1, NO3) - X11
A5 = XC (2, NO3) - X21
A6 = XC (3, NO3) - X31
D12 = SQRT (A1 * A1 + A2 * A2 + A3 * A3)

C
C----- CALCULO DA MATRIZ DE ROTACAO
C
E11 = A1 / D12
E12 = A2 / D12
E13 = A3 / D12
E21 = VN2 * E13 - VN3 * E12
E22 = VN3 * E11 - VN1 * E13
E23 = VN1 * E12 - VN2 * E11
E31 = VN1
E32 = VN2
E33 = VN3

C
C----- CALCULO DA MATRIZ B.
C
B11 = -(E21 * A4 + E22 * A5 + E23 * A6) / GE
B12 = (E11 * A4 + E12 * A5 + E13 * A6) / GE
B13 = 0.
B21 = - B11
B22 = - B12
B23 = 0.
B31 = 0.
B32 = D12 / GE
B33 = 0
B12 = B12 - B32

C
C----- CALCULO DAS DEFORMACOES NO PLANO DO ELEMENTO.
C
A1 = E11 * U11 + E12 * U21 + E13 * U31
A2 = E11 * U12 + E12 * U22 + E13 * U32
A3 = E21 * U11 + E22 * U21 + E23 * U31
A4 = E21 * U12 + E22 * U22 + E23 * U32
EPS11 = B11 * A1 + B21 * A2
EPS12 = (B12 * A1 + B22 * A2 + B11 * A3 + B21 * A4 +
          B32 * (E11 * U13 + E12 * U23 + E13 * U33)) / 2.
EPS22 = B12 * A3 + B22 * A4 +
          B32 * (E21 * U13 + E22 * U23 + E23 * U33)

C
C----- CALCULO DAS PARCELAS CONSTANTES DAS TENSOES.
C
A1 = C14 * EPS11 + C15 * EPS22
A2 = C13 * EPS12
A3 = C15 * EPS11 + C14 * EPS22

C
C----- CALCULO DAS TENSOES NOS PONTOS NODAIS DOS ELEMENTOS.
C
C----- "LOOP" NOS PONTOS NODAIS DO ELEMENTO.
C
DO 120 L = 1, 3
C
C----- ROTACAO DAS FORÇAS DE SUPERFICIE.
C

```

```

FL1 = FL (1, L, NO)
FL2 = FL (2, L, NO)
FL3 = FL (3, L, NO)
F1 = E11 + FL1 + E12 + FL2 + E13 + FL3
F2 = E21 + FL1 + E22 + FL2 + E23 + FL3
F3 = E31 + FL1 + E32 + FL2 + E33 + FL3
C
C----- PARCELA DO EFEITO DE TEMPERATURA
C
NO = ICON (L, NO)
TPT = C16 * TEMPC (NO)
C
C----- TENSÕES NO SISTEMA LOCAL.
C
A5 = C12 * F3
T11 = A5 + A1 - TPT
F12 = A2
F13 = F1
T22 = A5 + A3 - TPT
T23 = F2
T33 = F3
C
C----- TENSÕES NO SISTEMA GLOBAL.
C
A11 = E11 + T11 + E21 + T12 + E31 + T13
A12 = E12 + T11 + E22 + T12 + E32 + T13
A13 = E13 + T11 + E23 + T12 + E33 + T13
A21 = E11 + T12 + E21 + T22 + E31 + T23
A22 = E12 + T12 + E22 + T22 + E32 + T23
A23 = E13 + T12 + E23 + T22 + E33 + T23
A31 = E11 + T13 + E21 + T23 + E31 + T33
A32 = E12 + T13 + E22 + T23 + E32 + T33
A33 = E13 + T13 + E23 + T23 + E33 + T33
TNE (1, L) = E11 + A11 + E21 + A21 + E31 + A31
TNE (2, L) = E11 + A12 + E21 + A22 + E31 + A32
TNE (3, L) = E11 + A13 + E21 + A23 + E31 + A33
TNE (4, L) = E12 + A12 + E22 + A22 + E32 + A32
TNE (5, L) = E12 + A13 + E22 + A23 + E32 + A33
TNE (6, L) = E13 + A13 + E23 + A23 + E33 + A33
C
C----- TENSÕES PRINCIPAIS.
C
CALL CTPRI (TNE (1, L), TPRI (1, L), CONE (1, L))
C
C----- INCREMENTA NUMERO DE ELEMENTOS INCIDENTES NO NO*.
C
NIN (NO) = NIN (NO) + 1
C
C----- SOMA DAS TENSÕES NO NO*.
C
DO 110 I = 1, 6
TN (I, NO) = TN (I, NO) + TNE (I, L)
110 CONTINUE
120 CONTINUE
C
C----- ARMAZENAMENTO DAS TENSÕES DO ELEMENTO NO ARQUIVO NATE.
C
WRITE (UNIT) TNE, TPRI, CONE

```

130 CONTINUE	CTCON291
C	CTCON292
C----- CALCULO DAS TENSOES NODAIS MEDIAS.	CTCON293
C	CTCON294
DO 150 NO = 1, NNC	CTCON295
DO 140 I = 1, 6	CTCON296
IN (I, NO) = IN (I, NO) / NEIN (NO)	CTCON297
140 CONTINUE	CTCON298
C	CTCON299
C----- CALCULO DAS TENSOES PRINCIPAIS.	CTCON300
C	CTCON301
CALL STPRI (IN (1, NO), TPN, CON)	CTCON302
C	CTCON303
C----- ARMAZENAMENTO DAS TENSOES NODAIS NO ARQUIVO NATH.	CTCON304
C	CTCON305
WRITE (NATH) (IN (I, NO), I = 1, 6), TPN, CON	CTCON306
150 CONTINUE	CTCON307
LOCK (NATH)	CTCON308
LOCK (NATH)	CTCON309
RETURN	CTCON310
END	CTCON311

```

SUBROUTINE CTUIN
C
C-----
C
C
C          CALCULO DAS TENSOES E DESLOCAMENTOS NO INTERIOR
C-----
C
C
C      COMMON
-   /ARQUI/ NAL, NAI, NAR, NAY, NAUC, NADI, NAFS, NATE, NATI
-   /CONET/ NEL, NNE, ICON (3, 1001)
-   /CONST/ E, CP, PE, CDL, NPICG, NPICE, NP11, UD, UF, C1,
-           C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12,
-           C13, C14, C15, C16, RM (3, 202), RN (3, 202)
-   /COORD/ NNC, NNRC, XC (3, 1001)
-   /DESL0/ UC (3, 1001)
-   /FORCA/ FX (3, 1001), FE (3, 3, 1001)
-   /INTER/ NNI, NNMI, XI (3, 1001)
-   /NORMA/ VN (3, 1001), G (1001)
-   /PESOP/ EXPES, AG (3), FI (1001), GFI (1001)
-   /TEMPE/ EXTP1, CO, TEMPC (1001), GRAD (3, 1001), TEMPI (1001)
C
C-----
C      VARIAVEIS LOCAIS:
C-----
C
C      INTEGER
-   NC,                Z NUMERO DE ELEMENTO
-   NO1,               Z NUMERO DE PRIMEIRO NO DE ELEMENTO
-   NO2,               Z NUMERO DE SEGUNDO NO DE ELEMENTO
-   NO3,               Z NUMERO DE TERCEIRO NO DE ELEMENTO
-   NP,                Z PONTO DE APLICACAO DA CARGA UNITARIA
-   NP1,               Z NUMERO DE ORDEM DO PONTO DE INTEGRACAO
-   NP11,              Z NUMERO DO PRIMEIRO PONTO DE INTEGRACAO
-   NP12,              Z NUMERO DO ULTIMO PONTO DE INTEGRACAO
-   CONEL (3)          Z CONETIVIDADE DO ELEMENTO ATUAL
C
C      REAL
-   Z VARIAVEIS AUXILIARES
-   A1,                Z
-   A2,                Z
-   A3,                Z
-   A4,                Z
-   A5,                Z
-   A6,                Z
-   A7,                Z
-   A8,                Z
-   A9,                Z
-   A10,               Z
-   A11,               Z
-   A12,               Z
-   A13,               Z
-   A14,               Z
-   A15,               Z
-   A16,               Z
-   R,                 Z
-   H2,                Z
-   RJXX,              Z

```

- RJRX,	Z	CTDIN059
- RJRX2,	X	CTDIN060
- RKNJ,	X	CTDIN061
- RKR2,	Z	CTDIN062
- RKKLNL,	Z	CTDIN063
- RLNL,	Z	CTDIN064
-	Z FUNCOES EM PONTOS NODAIS DE ELEMENTO	CTDIN065
-	Z POTENCIAL GRAVITACIONAL ESPECIFICO	CTDIN066
- FIE1,	Z	CTDIN067
- FIE2,	Z	CTDIN068
- FIE3,	Z	CTDIN069
-	Z SOMA DO POTENCIAL GRAVITACIONAL	CTDIN070
-	Z ESPECIFICO MAIS A TEMPERATURA	CTDIN071
- FTE1,	Z	CTDIN072
- FTE2,	Z	CTDIN073
- FTE3,	Z	CTDIN074
-	Z SOMA DOS GRADIENTES DE TEMPERATURA E	CTDIN075
-	Z DO POTENCIAL GRAVITACIONAL ESPECIFICO	CTDIN076
- GRA1,	Z	CTDIN077
- GRA2,	X	CTDIN078
- GRA3,	Z	CTDIN079
-	Z TEMPERATURA	CTDIN080
- IPT1,	Z	CTDIN081
- IPT2,	X	CTDIN082
- IPT3,	Z	CTDIN083
-	Z FUNCOES EM PONTO DE INTEGRACAO	CTDIN084
- FIN0,	Z POTENCIAL GRAVITACIONAL ESPECIFICO	CTDIN085
- FTN0,	Z SOMA DO POTENCIAL GRAVITACIONAL	CTDIN086
-	Z ESPECIFICOS MAIS A TEMPERATURA	CTDIN087
- GRN0,	Z SOMA DOS GRADIENTES DE TEMPERATURA E	CTDIN088
-	Z DO POTENCIAL GRAVITACIONAL ESPECIFICO	CTDIN089
-	Z COMPONENTES DA FORCA DE SUPERFICIE	CTDIN090
- INQ1,	Z	CTDIN091
- INQ2,	X	CTDIN092
- INQ3,	X	CTDIN093
-	Z COMPONENTES DO DESLOCAMENTO	CTDIN094
- UNQ1,	X	CTDIN095
- UNQ2,	X	CTDIN096
- UNQ3,	X	CTDIN097
- CD (9),	Z COSENOS DIRETORES (TENSOES PRINCIPAIS)	CTDIN098
- JACOB,	Z JACOBIANO DO ELEMENTO	CTDIN099
- GFIE,	Z GRADIENTE DO POTENCIAL GRAVITACIONAL	CTDIN100
-	Z ESPECIFICO DO ELEMENTO ATUAL	CTDIN101
-	Z FUNCOES DE INTERPOLACAO	CTDIN102
- M1,	Z	CTDIN103
- M2,	Z	CTDIN104
- M3,	X	CTDIN105
- N1,	Z	CTDIN106
- N2,	X	CTDIN107
- N3,	Z	CTDIN108
- T (6),	Z TENSOR DE TENSOES	CTDIN109
- TP (3),	Z TENSOES PRINCIPAIS	CTDIN110
- TPI,	Z PARCELA DO EFEITO DE TEMPERATURA	CTDIN111
-	Z NO CALCULO DAS TENSOES DO PONTO	CTDIN112
- U (3),	Z DESLOCAMENTOS	CTDIN113
-	Z COMPONENTES DA NORMAL DE ELEMENTO	CTDIN114
- VN1,	Z	CTDIN115
- VN2,	X	CTDIN116

-	VN3.	Z	CT01N117
-		Z COORDENADAS DO PONTO 'P' DE APLICACAO	CT01N118
-		Z DA CARGA UNITARIA	CT01N119
-	XP1.	Z	CT01N120
-	XP2.	Z	CT01N121
-	XP3.	Z	CT01N122
-		Z COORDENADAS DO PONTO 'Q' DE	CT01N123
-		Z INTEGRACAO ATUAL	CT01N124
-	XQ1.	Z	CT01N125
-	XQ2.	Z	CT01N126
-	XQ3.	Z	CT01N127
-		Z DIFERENCAS ENTRE AS COORDENADAS	CT01N128
-		Z DOS PONTOS 'Q' E 'P'	CT01N129
-	XQP1.	Z	CT01N130
-	XQP2.	Z	CT01N131
-	XQP3.	Z	CT01N132
-		Z COORDENADAS DE PONTOS NODAIS DE ELEMENTO	CT01N133
-	X11.	Z	CT01N134
-	X21.	Z	CT01N135
-	X31.	Z	CT01N136
-	X12.	Z	CT01N137
-	X22.	Z	CT01N138
-	X32.	Z	CT01N139
-	X13.	Z	CT01N140
-	X23.	Z	CT01N141
-	X33.	Z	CT01N142
C			CT01N143
C			CT01N144
C-----	PROCEDIMENTOS.		CT01N145
C			CT01N146
C	INICIALIZACOES.		CT01N147
C			CT01N148
	NP11 = NP10 + NP10 + 1		CT01N149
	NP12 = NP11 + NP11 - 1		CT01N150
C			CT01N151
C-----	'LOOP' DOS NOS DO INTERIOR.		CT01N152
C			CT01N153
	DO 120 NP = 1, NNI		CT01N154
C			CT01N155
C-----	INICIALIZACOES.		CT01N156
C			CT01N157
	XP1 = XI (1, NP)		CT01N158
	XP2 = XI (2, NP)		CT01N159
	XP3 = XI (3, NP)		CT01N160
	IP1 = -06 * TEMPI (NP)		CT01N161
	U (1) = 0.		CT01N162
	U (2) = 0.		CT01N163
	U (3) = 0.		CT01N164
	F (1) = IP1		CT01N165
	F (2) = 0.		CT01N166
	F (3) = 0.		CT01N167
	F (4) = IP1		CT01N168
	F (5) = 0.		CT01N169
	F (6) = IP1		CT01N170
C			CT01N171
C-----	'LOOP' DOS ELEMENTOS.		CT01N172
C			CT01N173
	DO 110 NE = 1, NEL		CT01N174



C		CTDIN175
C-----	INICIALIZACOES.	CTDIN176
C		CTDIN177
	JACOB = G (NE)	CTDIN178
	GFIE = GF1 (NE)	CTDIN179
	VN1 = VN (1, NE)	CTDIN180
	VN2 = VN (2, NE)	CTDIN181
	VN3 = VN (3, NE)	CTDIN182
	NO1 = ICON (1, NE)	CTDIN183
	NO2 = ICON (2, NE)	CTDIN184
	NO3 = ICON (3, NE)	CTDIN185
	CONEL (1) = NO1	CTDIN186
	CONEL (2) = NO2	CTDIN187
	CONEL (3) = NO3	CTDIN188
	X11 = XC (1, NO1)	CTDIN189
	X21 = XC (2, NO1)	CTDIN190
	X31 = XC (3, NO1)	CTDIN191
	X12 = XC (1, NO2)	CTDIN192
	X22 = XC (2, NO2)	CTDIN193
	X32 = XC (3, NO2)	CTDIN194
	X13 = XC (1, NO3)	CTDIN195
	X23 = XC (2, NO3)	CTDIN196
	X33 = XC (3, NO3)	CTDIN197
	TPT1 = TEMPC (NO1)	CTDIN198
	TPT2 = TEMPC (NO2)	CTDIN199
	TPT3 = TEMPC (NO3)	CTDIN200
	FIE1 = FI (NO1)	CTDIN201
	FIE2 = FI (NO2)	CTDIN202
	FIE3 = FI (NO3)	CTDIN203
	FIE1 = FIE1 + C6 * TPT1	CTDIN204
	FIE2 = FIE2 + C6 * TPT2	CTDIN205
	FIE3 = FIE3 + C6 * TPT3	CTDIN206
	GRA1 = GFIE + C6 * GRAD (1, NE)	CTDIN207
	GRA2 = GFIE + C6 * GRAD (2, NE)	CTDIN208
	GRA3 = GFIE + C6 * GRAD (3, NE)	CTDIN209
C		CTDIN210
C-----	*LOOP* DA INTEGRACAO NUMERICA.	CTDIN211
C		CTDIN212
	DO 100 NPI = NPI1, NPI2	CTDIN213
C		CTDIN214
C-----	CALCULO DAS COORDENADAS CARTESIANAS E	CTDIN215
C	DOS VALORES DAS FUNCOES DO PONTO 'Q'	CTDIN216
C	(PONTO DE INTEGRACAO ATUAL).	CTDIN217
C		CTDIN218
	M1 = RM (1, NPI)	CTDIN219
	M2 = RM (2, NPI)	CTDIN220
	M3 = RM (3, NPI)	CTDIN221
	N1 = RN (1, NPI)	CTDIN222
	N2 = RN (2, NPI)	CTDIN223
	N3 = RN (3, NPI)	CTDIN224
	FINQ = FIE1 * N1 + FIE2 * N2 + FIE3 * N3	CTDIN225
	FINQ = FIE1 * N1 + FIE2 * N2 + FIE3 * N3	CTDIN226
	GRNQ = GRA1 * N1 + GRA2 * N2 + GRA3 * N3	CTDIN227
	INQ1 = FE (1, 1, NE) * N1 + FE (1, 2, NE) * N2	CTDIN228
	+ FE (1, 3, NE) * N3	CTDIN229
	INQ2 = FE (2, 1, NE) * N1 + FE (2, 2, NE) * N2	CTDIN230
	+ FE (2, 3, NE) * N3	CTDIN231
	INQ3 = FE (3, 1, NE) * N1 + FE (3, 2, NE) * N2	CTDIN232

```

-          + FC (3, 3, N01) * N3
UNQ1 = UC (1, N01) * N1 + UC (1, N02) * N2
-          + UC (1, N03) * N3
UNQ2 = UC (2, N01) * N1 + UC (2, N02) * N2
-          + UC (2, N03) * N3
UNQ3 = UC (3, N01) * N1 + UC (3, N02) * N2
-          + UC (3, N03) * N3
XQ1 = X11 * M1 + X12 * M2 + X13 * M3
XQ2 = X21 * M1 + X22 * M2 + X23 * M3
XQ3 = X31 * M1 + X32 * M2 + X33 * M3

C
C-----
C
CALCULOS GERAIS.

XQP1 = XQ1 - XP1
XQP2 = XQ2 - XP2
XQP3 = XQ3 - XP3
RLNL = VN1 * XQP1 + VN2 * XQP2 + VN3 * XQP3
R2 = XQP1 * XQP1 + XQP2 * XQP2 + XQP3 * XQP3
R = SQRT (R2)
A9 = JACOB / R
A1 = C1 * A9
A2 = C3 * A9 / R2
A3 = C5 * A9
A4 = C6 * C5 * JACOB * R
A5 = C3 * A9
A6 = C7 * A9 / R2
A7 = C8 / R2
A8 = 3. / R2
A9 = A8 * RLNL
A10 = C9 * A5 / 2.
A11 = 2. * C11
A5 = -A5
A15 = 1. / C9

C
C-----
C
CALCULO DOS TENSORES E SOMA DAS PARCELAS DA
C
INTEGRACAO NUMERICA.
C
C
K = 1
C
C
RKR2 = XQP1 / R2
RKRLNL = RLNL * RKR2
A16 = C10 * VN1
U (1) = U (1)
-          - F1N0 * A1 + (C2 * VN1 + RKRLNL)
-          + F1N0 * A3 + (VN1 - RKRLNL)
-          - GRN0 * A3 * XQP1
-          + A4 * VN1

C
C
J = 1
C
C
RJNK = XQP1 * VN1
RKNJ = RJNK
RJNK = XQP1 * XQP1
RJNK2 = XQP1 * RJNK2
A12 = RJNK * RKNJ
A13 = C4 * RJNK2
A14 = 5. * RJNK2
U (1) = U (1)

```

```

CTDIN233
CTDIN234
CTDIN235
CTDIN236
CTDIN237
CTDIN238
CTDIN239
CTDIN240
CTDIN241
CTDIN242
CTDIN243
CTDIN244
CTDIN245
CTDIN246
CTDIN247
CTDIN248
CTDIN249
CTDIN250
CTDIN251
CTDIN252
CTDIN253
CTDIN254
CTDIN255
CTDIN256
CTDIN257
CTDIN258
CTDIN259
CTDIN260
CTDIN261
CTDIN262
CTDIN263
CTDIN264
CTDIN265
CTDIN266
CTDIN267
CTDIN268
CTDIN269
CTDIN270
CTDIN271
CTDIN272
CTDIN273
CTDIN274
CTDIN275
CTDIN276
CTDIN277
CTDIN278
CTDIN279
CTDIN280
CTDIN281
CTDIN282
CTDIN283
CTDIN284
CTDIN285
CTDIN286
CTDIN287
CTDIN288
CTDIN289
CTDIN290

```

```

-      + INQ1 * A1 * (C2 + RJRK2)                                CT0IN291
-      - UNQ1 * A2 * (-RLNL * A13 + RLNL)                        CT0IN292
      F (1) = F (1)                                              CT0IN293
-      - FINQ * A2 * (RLNL * A13 + RLNL - A12)                    CT0IN294
-      + FTNQ * A2 * (RLNL * (A15 + 3 * RJRK2) - A12)            CT0IN295
-      - GRNQ * A5 * (A15 + RJRK2)                                CT0IN296
-      + A10 * (A12 - A11 * RLNL)                                  CT0IN297
C                                                                    CT0IN298
C      I = 1                                                    CT0IN299
C                                                                    CT0IN300
      F (1) = F (1)                                              CT0IN301
-      + INQ1 * A2 * (-XQP1 + A13 * XQP1)                          CT0IN302
-      - UNQ1 * A6 * (A9 * (CP * 2 + XQP1                        CT0IN303
-      - XQP1 * (C9 + A14))                                         CT0IN304
-      + A7 * (VN1 * RJRK + RKNJ * XQP1)                          CT0IN305
-      - C9 * (VN1 + VN1                                           CT0IN306
-      + A8 * RJRK * XQP1) + A16)                                CT0IN307
C                                                                    CT0IN308
C      I = 2                                                    CT0IN309
C                                                                    CT0IN310
      F (2) = F (2)                                              CT0IN311
-      + INQ1 * A2 * (-XQP2 + A13 * XQP2)                          CT0IN312
-      - UNQ1 * A6 * (A9 * (CP * XQP2                             CT0IN313
-      - A14 * XQP2)                                               CT0IN314
-      + A7 * (VN2 * RJRK + RKNJ * XQP2)                          CT0IN315
-      - C9 * (VN2 + A8 * RJRK * XQP2))                          CT0IN316
C                                                                    CT0IN317
C      I = 3                                                    CT0IN318
C                                                                    CT0IN319
      F (3) = F (3)                                              CT0IN320
-      + INQ1 * A2 * (-XQP3 + A13 * XQP3)                          CT0IN321
-      - UNQ1 * A6 * (A9 * (CP * XQP3                             CT0IN322
-      - A14 * XQP3)                                               CT0IN323
-      + A7 * (VN3 * RJRK + RKNJ * XQP3)                          CT0IN324
-      - C9 * (VN3 + A8 * RJRK * XQP3))                          CT0IN325
C                                                                    CT0IN326
C      J = 2                                                    CT0IN327
C                                                                    CT0IN328
      RJNK = XQP2 + VN1                                           CT0IN329
      RKNJ = XQP1 * VN2                                           CT0IN330
      RJRK = XQP2 * XQP1                                           CT0IN331
      RJRK2 = XQP2 * RKR2                                           CT0IN332
      A12 = RJNK + RKNJ                                           CT0IN333
      A13 = C4 * RJRK2                                             CT0IN334
      A14 = 5. * RJRK2                                             CT0IN335
      U (2) = U (2)                                               CT0IN336
-      + INQ1 * A1 * RJRK2                                           CT0IN337
-      - UNQ1 * A2 * (-RLNL * A13 - RJNK + RKNJ)                CT0IN338
      F (2) = F (2)                                              CT0IN339
-      - FINQ * A2 * (RLNL * A13 - A12)                            CT0IN340
-      + FTNQ * A2 * (RLNL * 3 * RJRK2 - A12)                    CT0IN341
-      - GRNQ * A5 * RJRK2                                         CT0IN342
-      + A10 * A12                                                  CT0IN343
C                                                                    CT0IN344
C      I = 2                                                    CT0IN345
C                                                                    CT0IN346
      F (4) = F (4)                                              CT0IN347
-      + INQ1 * A2 * (XQP1 + A13 * XQP2)                          CT0IN348

```

```

-          - UNQ1 * A6 * (A9 * (-C9 * XQP1 - A14 * XQP2)
-          + A7 * (VN2 * RJRK + RKNJ * XQP2)
-          - C9 * (A8 * RJRK * XQP2) * A16)
C
C          I = 3
C
T (5) = T (5)
-          + TNQ1 * A2 * A13 * XQP3
-          - UNQ1 * A6 * (-A9 * A14 * XQP3
-          + A7 * (VN3 * RJRK + RKNJ * XQP3)
-          - C9 * (A8 * RJRK * XQP3))
C
C          J = 3
C
RJRK = XQP3 * VN1
RKNJ = XQP1 * VN3
RJRK = XQP3 * XQP1
RJRK2 = XQP3 * RKR2
A12 = RJRK + RKNJ
A13 = C4 * RJRK2
A14 = S. * RJRK2
U (3) = U (3)
-          + TNQ1 * A1 * RJRK2
-          - UNQ1 * A2 * (-RLNL * A13 - RJRK + RKNJ)
T (3) = T (3)
-          - FINQ * A2 * (RLNL * A13 - A12)
-          + FTNQ * A2 * (RLNL * 3 * RJRK2 - A12)
-          - GRNQ * A5 * RJRK2
-          + A10 * A12
C
C          I = 3
C
T (6) = T (6)
-          + TNQ1 * A2 * (XQP1 + A13 * XQP3)
-          - UNQ1 * A6 * (A9 * (-C9 * XQP1 - A14 * XQP3)
-          + A7 * (VN3 * RJRK + RKNJ * XQP3)
-          - C9 * (A8 * RJRK * XQP3) + A16)
C
C          K = 2
C
RKR2 = XQP2 / R2
RKRLNL = RLNL * RKR2
A16 = C10 * VN2
U (2) = U (2)
-          - FINQ * A1 * (C2 * VN2 + RKRLNL)
-          + FINQ * A3 * (VN2 - RKRLNL)
-          - GRNQ * A3 * XQP2
-          + A4 * VN2
C
C          J = 1
C
RJRK = XQP1 * VN2
RKNJ = XQP2 * VN1
RJRK = XQP1 * XQP2
RJRK2 = XQP1 * RKR2
A12 = RJRK + RKNJ
A13 = C4 * RJRK2
A14 = S. * RJRK2

```

CT0IN349  
 CT0IN350  
 CT0IN351  
 CT0IN352  
 CT0IN353  
 CT0IN354  
 CT0IN355  
 CT0IN356  
 CT0IN357  
 CT0IN358  
 CT0IN359  
 CT0IN360  
 CT0IN361  
 CT0IN362  
 CT0IN363  
 CT0IN364  
 CT0IN365  
 CT0IN366  
 CT0IN367  
 CT0IN368  
 CT0IN369  
 CT0IN370  
 CT0IN371  
 CT0IN372  
 CT0IN373  
 CT0IN374  
 CT0IN375  
 CT0IN376  
 CT0IN377  
 CT0IN378  
 CT0IN379  
 CT0IN380  
 CT0IN381  
 CT0IN382  
 CT0IN383  
 CT0IN384  
 CT0IN385  
 CT0IN386  
 CT0IN387  
 CT0IN388  
 CT0IN389  
 CT0IN390  
 CT0IN391  
 CT0IN392  
 CT0IN393  
 CT0IN394  
 CT0IN395  
 CT0IN396  
 CT0IN397  
 CT0IN398  
 CT0IN399  
 CT0IN400  
 CT0IN401  
 CT0IN402  
 CT0IN403  
 CT0IN404  
 CT0IN405  
 CT0IN406

	U (1) = U (1)	CTDIN437
-	+ INQ2 * A1 * RJRK2	CTDIN438
-	- UNQ2 * A2 * (-RLNL * A13 - RJRK * RKNJ)	CTDIN439
C		CTDIN440
C	I = 1	CTDIN441
C		CTDIN442
	T (1) = T (1)	CTDIN443
-	+ INQ2 * A2 * (XQP2 + A13 * XQP1)	CTDIN444
-	- UNQ2 * A6 * (A9 * (-C9 * XQP2 - A14 * XQP1)	CTDIN445
-	+ A7 * (VN1 * RJRK * RKNJ * XQP1)	CTDIN446
-	- C9 * (A8 * RJNK * XQP1) + A16)	CTDIN447
		CTDIN448
C		CTDIN449
C	I = 2	CTDIN450
C		CTDIN451
	T (2) = T (2)	CTDIN452
-	+ INQ2 * A2 * (-XQP1 + A13 * XQP2)	CTDIN453
-	- UNQ2 * A6 * (A9 * (CP * XQP1 - A14 * XQP2)	CTDIN454
-	+ A7 * (VN2 * RJRK * RKNJ * XQP2)	CTDIN455
-	- C9 * (VN1 * A8 * RJNK * XQP2))	CTDIN456
		CTDIN457
C		CTDIN458
C	I = 3	CTDIN459
C		CTDIN460
	T (3) = T (3)	CTDIN461
-	+ INQ2 * A2 * A13 * XQP3	CTDIN462
-	- UNQ2 * A6 * (-A9 * A14 * XQP3	CTDIN463
-	+ A7 * (VN3 * RJRK * RKNJ * XQP3)	CTDIN464
-	- C9 * (A8 * RJNK * XQP3))	CTDIN465
		CTDIN466
C		CTDIN467
C	J = 2	CTDIN468
C		CTDIN469
	RJNK = XQP2 * VN2	CTDIN470
	RKNJ = RJNK	CTDIN471
	RJRK = XQP2 * XQP2	CTDIN472
	RJRK2 = XQP2 * RKR2	CTDIN473
	A12 = RJNK * RKNJ	CTDIN474
	A13 = C4 * RJRK2	CTDIN475
	A14 = 5 * RJRK2	CTDIN476
	U (2) = U (2)	CTDIN477
-	+ INQ2 * A1 * (C2 * RJRK2)	CTDIN478
-	- UNQ2 * A2 * (-RLNL * A13 + RLNL)	CTDIN479
	T (4) = T (4)	CTDIN480
-	- FINQ * A2 * (RLNL * A13 + RLNL - A12)	CTDIN481
-	+ FTNQ * A2 * (RLNL * (A15 + 3 * RJRK2) - A12)	CTDIN482
-	- GRNQ * A5 * (A15 * RJRK2)	CTDIN483
-	+ A10 * (A12 - A11 * RLNL)	CTDIN484
		CTDIN485
C		CTDIN486
C	I = 2	CTDIN487
C		CTDIN488
	T (4) = T (4)	CTDIN489
-	+ INQ2 * A2 * (-XQP2 + A13 * XQP2)	CTDIN490
-	- UNQ2 * A6 * (A9 * (CP * 2 * XQP2	CTDIN491
-	- XQP2 * (C9 + A14))	CTDIN492
-	+ A7 * (VN2 * RJRK * RKNJ * XQP2)	CTDIN493
-	- C9 * (VN2 * VN2	CTDIN494
-	+ A8 * RJNK * XQP2) + A16)	CTDIN495
		CTDIN496
C		CTDIN497
C	I = 3	CTDIN498
C		CTDIN499

```

I (5) = I (5)
-      + INQ2 * A2 * (-XQP3 + A13 * XQP3)
-      - UNQ2 * A6 * (A9 * (CP * XQP3 - A14 * XQP3)
-      + A7 * (VN3 * RJRK + RKNJ * XQP3)
-      - C9 * (VN3 + A8 * RJRK * XQP3))
C
C      J = 3
C
RJRK = XQP3 * VN2
RKNJ = XQP2 * VN3
RJRK = XQP3 * XQP2
RJRK2 = XQP3 * RKR2
A12 = RJRK + RKNJ
A13 = C4 * RJRK2
A14 = 5. * RJRK2
U (3) = U (3)
-      + INQ2 * A1 * RJRK2
-      - UNQ2 * A2 * (-RLNL * A13 - RJRK + RKNJ)
I (5) = I (5)
-      + FINQ * A2 * (RLNL * A13 - A12)
-      + FINQ * A2 * (RLNL * 3 * RJRK2 - A12)
-      - GRNQ * A5 * RJRK2
-      + A10 * A12
C
C      I = 3
C
I (6) = I (6)
-      + INQ2 * A2 * (XQP2 + A13 * XQP3)
-      - UNQ2 * A6 * (A9 * (-C9 * XQP2 - A14 * XQP3)
-      + A7 * (VN3 * RJRK + RKNJ * XQP3)
-      - C9 * (A5 * RJRK * XQP3) + A16)
C
C      K = 3
C
RKRLNL = RLNL * RKR2
A16 = C16 * VN3
U (3) = U (3)
-      + FINQ * A1 * (C2 * VN3 + RKRLNL)
-      + FINQ * A3 * (VN3 - RKRLNL)
-      + GRNQ * A3 * XQP3
-      + A4 * VN3
C
C      J = 1
C
RJRK = XQP1 * VN3
RKNJ = XQP3 * VN1
RJRK = XQP1 * XQP3
RJRK2 = XQP1 * RKR2
A12 = RJRK + RKNJ
A13 = C4 * RJRK2
A14 = 5. * RJRK2
U (1) = U (1)
-      + INQ3 * A1 * RJRK2
-      - UNQ3 * A2 * (-RLNL * A13 - RJRK + RKNJ)
C
C      I = 1
C

```

CT0IN465  
 CT0IN466  
 CT0IN467  
 CT0IN468  
 CT0IN469  
 CT0IN470  
 CT0IN471  
 CT0IN472  
 CT0IN473  
 CT0IN474  
 CT0IN475  
 CT0IN476  
 CT0IN477  
 CT0IN478  
 CT0IN479  
 CT0IN480  
 CT0IN481  
 CT0IN482  
 CT0IN483  
 CT0IN484  
 CT0IN485  
 CT0IN486  
 CT0IN487  
 CT0IN488  
 CT0IN489  
 CT0IN490  
 CT0IN491  
 CT0IN492  
 CT0IN493  
 CT0IN494  
 CT0IN495  
 CT0IN496  
 CT0IN497  
 CT0IN498  
 CT0IN499  
 CT0IN500  
 CT0IN501  
 CT0IN502  
 CT0IN503  
 CT0IN504  
 CT0IN505  
 CT0IN506  
 CT0IN507  
 CT0IN508  
 CT0IN509  
 CT0IN510  
 CT0IN511  
 CT0IN512  
 CT0IN513  
 CT0IN514  
 CT0IN515  
 CT0IN516  
 CT0IN517  
 CT0IN518  
 CT0IN519  
 CT0IN520  
 CT0IN521  
 CT0IN522

```

      I (1) = I (1)
      + INQ3 * A2 * (XQP3 + A13 * XQP1)
      - UNQ3 * A6 * (A9 * (-C9 * XQP3 - A14 * XQP1)
      + A7 * (VN1 * RJRK + RKNJ * XQP1)
      - C9 * (A8 * RJRK * XQP1) + A16)
C
C      I = 2
C
      I (2) = I (2)
      + INQ3 * A2 * A13 * XQP2
      - UNQ3 * A6 * (-A9 * A14 * XQP2
      + A7 * (VN2 * RJRK + RKNJ * XQP2)
      - C9 * (A8 * RJRK * XQP2))
C
C      I = 3
C
      I (3) = I (3)
      + INQ3 * A2 * (-XQP1 + A13 * XQP3)
      - UNQ3 * A6 * (A9 * (-CP * XQP1 - A14 * XQP3)
      + A7 * (VN3 * RJRK + RKNJ * XQP3)
      - C9 * (VN1 + A8 * RJRK * XQP3))
C
C      J = 2
C
      RJRK = XQP2 * VN3
      RKNJ = XQP3 * VN2
      RJRK = XQP2 * XQP3
      RJRK2 = XQP2 * RKR2
      A12 = RJRK + RKNJ
      A13 = C4 * RJRK2
      A14 = 5. * RJRK2
      U (2) = U (2)
      + INQ3 * A1 * RJRK2
      - UNQ3 * A2 * (-RCLL * A13 - RJRK - RKNJ)
C
C      I = 2
C
      I (4) = I (4)
      + INQ3 * A2 * (XQP3 + A13 * XQP2)
      - UNQ3 * A6 * (A9 * (-C9 * XQP3 - A14 * XQP2)
      + A7 * (VN2 * RJRK + RKNJ * XQP2)
      - C9 * (A8 * RJRK * XQP2) + A16)
C
C      I = 3
C
      I (5) = I (5)
      + INQ3 * A2 * (-XQP2 + A13 * XQP3)
      - UNQ3 * A6 * (A9 * (CP * XQP2 - A14 * XQP3)
      + A7 * (VN3 * RJRK + RKNJ * XQP3)
      - C9 * (VN2 + A8 * RJRK * XQP3))
C
C      J = 3
C
      RJRK = XQP3 * VN3
      RKNJ = RJRK
      RJRK = XQP3 * XQP3
      RJRK2 = XQP3 * RKR2
      A12 = RJRK + RKNJ

```

CTDIN523  
 CTDIN524  
 CTDIN525  
 CTDIN526  
 CTDIN527  
 CTDIN528  
 CTDIN529  
 CTDIN530  
 CTDIN531  
 CTDIN532  
 CTDIN533  
 CTDIN534  
 CTDIN535  
 CTDIN536  
 CTDIN537  
 CTDIN538  
 CTDIN539  
 CTDIN540  
 CTDIN541  
 CTDIN542  
 CTDIN543  
 CTDIN544  
 CTDIN545  
 CTDIN546  
 CTDIN547  
 CTDIN548  
 CTDIN549  
 CTDIN550  
 CTDIN551  
 CTDIN552  
 CTDIN553  
 CTDIN554  
 CTDIN555  
 CTDIN556  
 CTDIN557  
 CTDIN558  
 CTDIN559  
 CTDIN560  
 CTDIN561  
 CTDIN562  
 CTDIN563  
 CTDIN564  
 CTDIN565  
 CTDIN566  
 CTDIN567  
 CTDIN568  
 CTDIN569  
 CTDIN570  
 CTDIN571  
 CTDIN572  
 CTDIN573  
 CTDIN574  
 CTDIN575  
 CTDIN576  
 CTDIN577  
 CTDIN578  
 CTDIN579  
 CTDIN580

A13	= C4 * RJRK2	CTDIN581
A14	= 5. * RJRK2	CTDIN582
U (3)	= U (3)	CTDIN583
-	+ TNO3 * A1 * (C2 + RJRK2)	CTDIN584
-	+ UNQ3 * A2 * (-RLNL * A13 + RLNL)	CTDIN585
T (6)	= T (6)	CTDIN586
-	+ FINQ * A2 * (RLNL * A13 + RLNL - A12)	CTDIN587
-	+ FINQ * A2 * (RLNL * (A15 + 3 * RJRK2) - A12)	CTDIN588
-	+ GRNQ * A5 * (A15 + RJRK2)	CTDIN589
-	+ A10 * (A12 - A11 * RLNL)	CTDIN590
C		CTDIN591
C	I = 3	CTDIN592
C		CTDIN593
	F (6) = T (6)	CTDIN594
-	+ TNO3 * A2 * (-XQP3 + A13 * XQP3)	CTDIN595
-	+ UNQ3 * A6 * (A9 * (CP * 2 * XQP3	CTDIN596
-	+ C9 * XQP3 - A14 * XQP3)	CTDIN597
-	+ A7 * (VN3 * RJRK + RKNJ * XQP3)	CTDIN598
-	+ C9 * (VN3 + VN3	CTDIN599
-	+ A8 * RJRK * XQP3) + A16)	CTDIN600
100	CONTINUE	CTDIN601
110	CONTINUE	CTDIN602
C		CTDIN603
C-----	CALCULO DAS TENSOES PRINCIPAIS.	CTDIN604
C		CTDIN605
	CALL CIPRI (I, TP, CD)	CTDIN606
C		CTDIN607
C-----	ARMAZENAMENTO DOS DESLOCAMENTOS NO ARQUIVO NADI.	CTDIN608
C		CTDIN609
	WRITE (NADI) U	CTDIN610
C		CTDIN611
C-----	ARMAZENAMENTO DAS TENSOES NO ARQUIVO NATI.	CTDIN612
C		CTDIN613
	WRITE (NATI) I, TP, CD	CTDIN614
120	CONTINUE	CTDIN615
	LOCK (NADI)	CTDIN616
	LOCK (NATI)	CTDIN617
	RETURN	CTDIN618
	END	CTDIN619



```

SUBROUTINE CIPRI                                CIPRI001
- (T, TP, CO)                                CIPRI002
C                                              CIPRI003
C-----CIPRI004
C                                              CIPRI005
C          CALCULO DAS TENSOES PRINCIPAIS E DOS CIPRI006
C          COSENOS DIRETORES DAS DIRECOES PRINCIPAIS. CIPRI007
C                                              CIPRI008
C-----CIPRI009
C                                              CIPRI010
C                                              CIPRI011
C-----PARAMETROS FORMAIS: CIPRI012
C                                              CIPRI013
C          REAL CIPRI014
- T (6),          X TENSOR DE TENSOES CIPRI015
- TP (3),          X TENSOES PRINCIPAIS CIPRI016
- CO (9)          X COSENOS DIRETORES DOS EIXOS PRINCIPAIS CIPRI017
C                                              CIPRI018
C                                              CIPRI019
C-----VARIAVEIS LOCAIS: CIPRI020
C                                              CIPRI021
C          REAL CIPRI022
- TMAX,          X VALOR DA TENSÃO MÁXIMA EM VALOR ABSOLUTO CIPRI023
- TN (6)          X TENSOR DAS TENSOES NORMALIZADAS CIPRI024
C                                              CIPRI025
C                                              CIPRI026
C-----PROCEDIMENTOS. CIPRI027
C                                              CIPRI028
C-----NORMALIZACAO DAS TENSOES. CIPRI029
C          ARMAZENAMENTO DA PARTE INFERIOR DA MATRIZ DE TENSOES. CIPRI030
C                                              CIPRI031
- TMAX = AMAX1 (ABS (T (1)), ABS (T (2)), ABS (T (3)), CIPRI032
-          ABS (T (4)), ABS (T (5)), ABS (T (6))) CIPRI033
- IF (TMAX .EQ. 0.) TMAX = 1. CIPRI034
- TN (1) = T (1) / TMAX CIPRI035
- TN (2) = T (2) / TMAX CIPRI036
- TN (3) = T (4) / TMAX CIPRI037
- TN (4) = T (3) / TMAX CIPRI038
- TN (5) = T (5) / TMAX CIPRI039
- TN (6) = T (6) / TMAX CIPRI040
C                                              CIPRI041
C-----CALCULO DOS AUTOVALORES (TENSOES PRINCIPAIS) CIPRI042
C          E DOS AUTOVECTORES NORMALIZADOS (COSENOS DIRETORES). CIPRI043
C                                              CIPRI044
CALL AUTOV (TN, CO, 3, 0) CIPRI045
TP (1) = TN (1) * TMAX CIPRI046
TP (2) = TN (3) * TMAX CIPRI047
TP (3) = TN (6) * TMAX CIPRI048
RETURN CIPRI049
END CIPRI050

```

```

LOGICAL FUNCTION FALSE                                FALSE001
- (N, NBIT)                                           FALSE002
C                                                     FALSE003
C-----
C                                                     FALSE004
C                                                     FALSE005
C          FUSTA O BIT 'NBIT' DO ELEMENTO 'N' DO VETOR 'BIT' FALSE006
C          E RETORNA .TRUE. OU .FALSE. DEPENDENDO DO VALOR FALSE007
C          DO BIT:                                     FALSE008
C              0 -> .TRUE.                             FALSE009
C              1 -> .FALSE.                            FALSE010
C                                                     FALSE011
C-----
C                                                     FALSE012
C                                                     FALSE013
C                                                     FALSE014
C-----
C          PARAMETROS FORMAIS:                         FALSE015
C                                                     FALSE016
C          INTEGER                                     FALSE017
C          - N,                                     Z NUMERO DO ELEMENTO DO VETOR 'BIT' FALSE018
C          - NBIT,                                Z NUMERO DO BIT FALSE019
C                                                     FALSE020
C                                                     FALSE021
C-----
C          VARIAVEIS GLOBAIS:                         FALSE022
C                                                     FALSE023
C          COMMON                                     FALSE024
C          - /LOGIC/ IBIT (1001)                     FALSE025
C                                                     FALSE026
C                                                     FALSE027
C-----
C          VARIAVEIS LOCAIS:                         FALSE028
C                                                     FALSE029
C          LOGICAL                                     FALSE030
C          - IMPAR,                                Z VARIABEL AUXILIAR DE VERIFICACAO DO BIT FALSE031
C                                                     FALSE032
C          INTEGER                                     FALSE033
C          - IAUX,                                Z VARIABEL AUXILIAR DE VERIF. DO BIT FALSE034
C          - IPOT (16)                             Z VETOR QUE CONTEM AS POTENCIAS DE 2 FALSE035
C                                                     FALSE036
C          DATA                                     FALSE037
C          - IPOT / 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, FALSE038
C          - 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16384, 32768 / FALSE039
C                                                     FALSE040
C          EQUIVALENCE                                FALSE041
C          - (IMPAR, IAUX)                           FALSE042
C                                                     FALSE043
C                                                     FALSE044
C-----
C          PROCEDIMENTOS.                             FALSE045
C                                                     FALSE046
C          IAUX = IBIT (N) / IPOT (NBIT)              FALSE047
C          FALSE = .NOT. IMPAR                        FALSE048
C          RETURN                                     FALSE049
C          END                                         FALSE050

```

SUBROUTINE FINAL	FINAL001
C	FINAL002
C-----	FINAL003
C	FINAL004
C	FINAL005
C	FINAL006
C	FINAL007
C-----	FINAL008
C	FINAL009
C	FINAL010
C-----	FINAL011
C	FINAL012
LOGICAL	FINAL013
- INPM,	FINAL014
- RESUL	FINAL015
C	FINAL016
COMMON	FINAL017
- /ARQUI/ NAL, NAI, NAB	FINAL018
- /ESTAT/ RESUL, INPM, NRL, NER, TEMPO (4)	FINAL019
- /REGIS/ IES, NES	FINAL020
C	FINAL021
C	FINAL022
C-----	FINAL023
C	FINAL024
INTEGER	FINAL025
- I	FINAL026
X INDICE GERAL	FINAL027
C	FINAL028
C	FINAL029
C-----	FINAL029
C	FINAL030
IES = IES + 1	FINAL031
IF (IES .EQ. NES) GO TO 110	FINAL032
TEMPO (3) = TIME (12) - TEMPO (3) - TEMPO (1)	FINAL033
TEMPO (4) = TIME (13) - TEMPO (4) - TEMPO (2)	FINAL034
DO 100 I = 1, 4	FINAL035
TEMPO (I) = TEMPO (I) + 246-7	FINAL036
100 CONTINUE	FINAL037
WRITE (NAR, 1000) NRL, TEMPO, TEMPO (1) + TEMPO (3),	FINAL038
TEMPO (2) + TEMPO (4)	FINAL039
TEMPO (1) = TIME (12)	FINAL040
TEMPO (2) = TIME (13)	FINAL041
TEMPO (3) = 0.	FINAL042
TEMPO (4) = 0.	FINAL043
NRL = 0	FINAL044
RETURN	FINAL045
C	FINAL046
C-----	FINAL047
C	FINAL048
110 CALL ERRO (5)	FINAL049
RETURN	FINAL050
1000 FORMAT (/, F02, '*** FIN DE EXECUCAO ***', //	FINAL051
- F02, ' J10, ' REGISTROS LIIDOS', //	FINAL052
- F02, ' TEMPO DE ANALISE ',	FINAL053
- 'PROCESS ', F8.2, ' 1/D ', F8.2, //	FINAL054
- F02, ' TEMPO DE E/S ',	FINAL055
- 'PROCESS ', F8.2, ' 1/D ', F8.2, //	FINAL056
- F02, ' TOTAIS ',	FINAL057
- 'PROCESS ', F8.2, ' 1/D ', F8.2, //	FINAL058

END

FINAL 059

```

SUBROUTINE GAUSS                                     GAUSS001
- (A, C, IERR, NAM, NCC, NI, NLB, NLM, NLUB, NIB)    GAUSS002
C                                                     GAUSS003
C-----GAUSS004
C                                                     GAUSS005
C RESOLUCAO DO SISTEMA DE EQUACOES                  GAUSS006
C METODO DE TRIANGULARIZACAO DE GAUSS               GAUSS007
C                                                     GAUSS008
C-----GAUSS009
C                                                     GAUSS010
C                                                     GAUSS011
C A MATRIZ DO SISTEMA E' DIVIDIDA EM BLOCOS QUE     GAUSS012
C SAO ARMAZENADOS EM DISCO (ARQUIVO 'NAM').          GAUSS013
C A MATRIZ DOS TERMOS INDEPENDENTES DEVE ESTAR      GAUSS014
C TOTALMENTE ARMAZENADA NA MEMORIA PRINCIPAL.        GAUSS015
C OBTEM-SE A SOLUCAO TRIANGULARIZANDO-SE A          GAUSS016
C MATRIZ AUMENTADA DO SISTEMA E FAZENDO-SE          GAUSS017
C UMA RETROSUBSTITUICAO.                            GAUSS018
C                                                     GAUSS019
C OBS:                                                GAUSS020
C O PRIMEIRO E O ULTIMO BLOCO DA MATRIZ DO SISTEMA GAUSS021
C DEVEM ESTAR ARMAZENADOS NA MATRIZ DE TRABALHO NO GAUSS022
C MOMENTO DA CHAMADA DESTA ROTINA.                  GAUSS023
C                                                     GAUSS024
C O PRIMEIRO ELEMENTO DA PRIMEIRA LINHA DA MATRIZ   GAUSS025
C DE TRABALHO SERA O PRIMEIRO PIVO, E TENDO VALOR   GAUSS026
C NULO A MATRIZ SERA CONSIDERADA SINGULAR.           GAUSS027
C                                                     GAUSS028
C OS PROXIMOS PIVOS SERAO SEMPRE OS MAIORES        GAUSS029
C ELEMENTOS DE CADA COLUNA DA MATRIZ.               GAUSS030
C                                                     GAUSS031
C NO CASO DA MATRIZ DO SISTEMA SER IGUAL OU MENOR  GAUSS032
C QUE A MATRIZ DE TRABALHO (NTB = 1) NAO SERA      GAUSS033
C UTILIZADA MEMORIA AUXILIAR.                       GAUSS034
C                                                     GAUSS035
C                                                     GAUSS036
C-----PARAMETROS FORMAIS:                         GAUSS037
C                                                     GAUSS038
C INTEGER                                             GAUSS039
- IERR,      X CODIGO DE TERMINACAO DA ROTINA        GAUSS040
-           X 0 - TERMINACAO NORMAL                 GAUSS041
-           X 1 - SINGULARIDADE NA MATRIZ           GAUSS042
- NAM,       X NUMERO DO ARQUIVO DE ARMAZENAMENTO    GAUSS043
-           X DA MATRIZ DO SISTEMA                  GAUSS044
- NCC,       X NUMERO DE COLUNAS DA MATRIZ C         GAUSS045
-           X (NUMERO DE CASOS DE CARREGAMENTO)      GAUSS046
- NI,        X NUMERO DE INCOGNITAS                 GAUSS047
-           X (NUM. DE COL. DA MATRIZ DO SISTEMA)    GAUSS048
-           X (NUM. DE COL. DA MATRIZ DE TRABALHO)   GAUSS049
- NLB,       X NUMERO DE LINHAS POR BLOCO            GAUSS050
- NLM,       X NUMERO DE LINHAS DA MATRIZ DE TRABALHO GAUSS051
- NLUB,      X NUMERO DE LINHAS DO ULTIMO BLOCO     GAUSS052
- NIB,       X NUMERO TOTAL DE BLOCOS                GAUSS053
C                                                     GAUSS054
C REAL                                              XXX PRECISAO SIMPLES XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXGAUSS055
C REAL*8                                           XXX PRECISAO DUPLA XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXGAUSS056
- A (NLM, NI), X MATRIZ DE TRABALHO                 GAUSS057
- C (NI, NCC) X MATRIZ DOS TERMOS INDEPENDENTES     GAUSS058

```

C			GAUSS059
C			GAUSS060
C-----	VARIAVEIS LOCAIS:		GAUSS061
C			GAUSS062
	LOGICAL		GAUSS063
-	ATPIV	Z INDICA SE O PIVO PODE OU NAO	GAUSS064
		Z SER ATUALIZADO:	GAUSS065
		Z .TRUE. ATUALIZA	GAUSS066
		Z .FALSE. NAO ATUALIZA	GAUSS067
C			GAUSS068
	INTEGER		GAUSS069
-	I,	Z INDICE GERAL	GAUSS070
-	IL131,	Z INDICE DE LINHA INICIAL DE BLOCO 1	GAUSS071
-	IL132,	Z INDICE DE LINHA INICIAL DE BLOCO 2	GAUSS072
-	IL1PB,	Z INDICE DA LINHA INICIAL DO PENULTIMO	GAUSS073
-		Z BLOCO	GAUSS074
-	ILF31,	Z INDICE DE LINHA FINAL DE BLOCO 1	GAUSS075
-	ILF32,	Z INDICE DE LINHA FINAL DE BLOCO 2	GAUSS076
-	ILFPB,	Z INDICE DA LINHA FINAL DO PENULTIMO	GAUSS077
-		Z BLOCO	GAUSS078
-	ILM,	Z INDICE DE LINHA DA MATRIZ DE TRABALHO	GAUSS079
-	ILP,	Z INDICE DE LINHA DE PIVO ATUAL	GAUSS080
-	ILP1,	Z ILP + 1	GAUSS081
-	ILPP,	Z INDICE DE LINHA DE PROXIMO PIVO	GAUSS082
-	ILV,	Z INDICE DE LINHA DA MATRIZ DE TERMOS	GAUSS083
-		Z INDEPENDENTES	GAUSS084
-	ILVPP,	Z INDICE DE LINHA DA MATRIZ DE TERMOS	GAUSS085
-		Z INDEPENDENTES PARA O PROXIMO PIVO	GAUSS086
-	J,	Z INDICE GERAL	GAUSS087
-	JAUX,	Z VARIAVEL AUXILIAR	GAUSS088
-	K,	Z INDICE GERAL	GAUSS089
-	K1,	Z INDICE AUXILIAR	GAUSS090
-	N3,	Z CONTADOR DE BLOCOS	GAUSS091
-	N31,	Z NUMERO DE BLOCO 1	GAUSS092
-	N32,	Z NUMERO DE BLOCO 2	GAUSS093
-	N3PP,	Z NUMERO DE BLOCO DO PROXIMO PIVO	GAUSS094
-	N3T,	Z NUMERO DE BLOCO TRIANGULARIZADO	GAUSS095
-	NLBA,	Z NUMERO DE LINHAS DO BLOCO ATUAL	GAUSS096
-	NLPP,	Z NUMERO DE LINHA DE PROXIMO PIVO	GAUSS097
-	NP,	Z NUMERO DE PIVOS	GAUSS098
-	NPB,	Z NUMERO DO PENULTIMO BLOCO	GAUSS099
-	NP32,	Z NUMERO DE PRIMEIRO BLOCO 2	GAUSS100
-	NTB2	Z NUMERO TOTAL DE BLOCOS 2	GAUSS101
C			GAUSS102
	REAL	Z11 PRECISAO SIMPLES XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	GAUSS103
C	REAL*8	Z11 PRECISAO DUPLA XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	GAUSS104
-	AK,	Z VARIAVEL AUXILIAR	GAUSS105
-	AUX,	Z VARIAVEL AUXILIAR	GAUSS106
-	PIVO	Z PIVO	GAUSS107
C			GAUSS108
C			GAUSS109
C-----	PROCEDIMENTOS.		GAUSS110
C			GAUSS111
C-----	INICIALIZACOES.		GAUSS112
C			GAUSS113
	ILP = 1		GAUSS114
	N3T = 0		GAUSS115
	NP = NI - 1		GAUSS116

NPB = NIB - 1	GAUSS117
NTB2 = NPB	GAUSS118
NB1 = 1	GAUSS119
ILIB1 = 1	GAUSS120
ILFB1 = NLB	GAUSS121
NB2 = NTB	GAUSS122
ILIB2 = NLB + 1	GAUSS123
ILFB2 = NLB + NLUB	GAUSS124
C	GAUSS125
C-----	GAUSS126
C TRIANGULARIZACAO	GAUSS127
C-----	GAUSS128
C	GAUSS129
C----- *LOOP* DOS PIVOS.	GAUSS130
C	GAUSS131
IF (NP .EQ. 0) GO TO 440	GAUSS132
DO 430 K = 1, NP	GAUSS133
ILP1 = ILP + 1	GAUSS134
K1 = K + 1	GAUSS135
C	GAUSS136
C VERIFICA SE O BLOCO 1 FOI TRIANGULARIZADO.	GAUSS137
C	GAUSS138
IF (ILP .LE. ILFB1) GO TO 190	GAUSS139
C	GAUSS140
C----- BLOCO 1 TRIANGULARIZADO.	GAUSS141
C	GAUSS142
NBT = NBT + 1	GAUSS143
NB1 = NBT + 1	GAUSS144
NTB2 = NTB2 - 1	GAUSS145
IF (NBT .LT. NPB) GO TO 100	GAUSS146
C	GAUSS147
C BLOCO TRIANGULARIZADO E' O PENULTIMO BLOCO.	GAUSS148
C O BLOCO 2 ATUAL PASSA A SER O BLOCO 1 QUE	GAUSS149
C SERA' O ULTIMO BLOCO A SER TRIANGULARIZADO.	GAUSS150
C	GAUSS151
ILIPB = ILIB1	GAUSS152
ILFPB = ILFB1	GAUSS153
ILIB1 = ILIB2	GAUSS154
ILFB1 = ILFB2	GAUSS155
GO TO 150	GAUSS156
C	GAUSS157
C GRAVACAO DO BLOCO TRIANGULARIZADO.	GAUSS158
C	GAUSS159
100 CONTINUE	GAUSS160
JAX = K - ILIB1 - NLB + 1	GAUSS161
WRITE (NAM = NBT) ((A (I, J), J = JAX + 1, NT),	GAUSS162
I = ILIB1, ILFB1)	GAUSS163
C	GAUSS164
C----- DEFINICAO DO NOVO BLOCO 1.	GAUSS165
C	GAUSS166
IF (NB1 .EQ. NB2) GO TO 110	GAUSS167
C	GAUSS168
C BLOCO 1 ESTA EM BLOCO GRAVADO.	GAUSS169
C	GAUSS170
C LEITURA DO NOVO BLOCO 1.	GAUSS171
C	GAUSS172
READ (NAM = NB1) ((A (I, J), J = K, NT),	GAUSS173
I = ILIB1, ILFB1)	GAUSS174

	GO TO 120	GAUSS175
C		GAUSS176
C	BLOCO 1 E' O ANTEGO BLOCO 2.	GAUSS177
C		GAUSS178
110	CONTINUE	GAUSS179
	NB2 = 0	GAUSS180
	ILPB = ILI91	GAUSS181
	ILB1 = ILB2	GAUSS182
	ILF01 = ILFB2	GAUSS183
	ILB2 = ILPB	GAUSS184
C		GAUSS185
C-----	DEFINICAO DO NOVO BLOCO 2.	GAUSS186
C		GAUSS187
C	VERIFICA EM QUAL BLOCO ESTA O PROXIMO PIVO.	GAUSS188
C		GAUSS189
120	CONTINUE	GAUSS190
	IF (NBPP .NE. NB1) GO TO 130	GAUSS191
C		GAUSS192
C	PIVO NO BLOCO 1.	GAUSS193
C		GAUSS194
	ILPP = ILI91 + NLPP	GAUSS195
C		GAUSS196
C	VERIFICA SE BLOCO 2 ESTA PRESENTE.	GAUSS197
C		GAUSS198
	IF (NB2 .NE. 0) GO TO 150	GAUSS199
	NB2 = NB1 + 1	GAUSS200
	GO TO 140	GAUSS201
130	CONTINUE	GAUSS202
C		GAUSS203
C	PIVO NO BLOCO 2.	GAUSS204
C		GAUSS205
	ILPP = NLPP + ILI92	GAUSS206
C		GAUSS207
C	VERIFICA SE BLOCO 2 ESTA PRESENTE.	GAUSS208
C		GAUSS209
	IF (NBPP .EQ. NB2) GO TO 150	GAUSS210
C		GAUSS211
C	PIVO EM BLOCO GRAVADO.	GAUSS212
C		GAUSS213
C	GRAVACAO DO BLOCO 2 ATUAL.	GAUSS214
C		GAUSS215
	WRITE (NAM = NB2) ((A (I, J), J = K, NI),	GAUSS216
	I = ILI02, ILF02)	GAUSS217
	NB2 = NBPP	GAUSS218
C		GAUSS219
C	LEITURA DO NOVO BLOCO 2.	GAUSS220
C		GAUSS221
140	CONTINUE	GAUSS222
	NL0A = NL0	GAUSS223
	IF (NB2 .EQ. NB1) NL0A = NL09	GAUSS224
	ILF02 = ILI02 + NL0A - 1	GAUSS225
	READ (NAM = NB2) ((A (I, J), J = K, NI),	GAUSS226
	I = ILI02, ILF02)	GAUSS227
C		GAUSS228
C-----	ATUALIZACAO DO PIVO.	GAUSS229
C		GAUSS230
150	CONTINUE	GAUSS231
	ILP = ILI01	GAUSS232



	ILP1 = ILP + 1	GAUSS233
	IF (ILPP .EQ. ILP) GO TO 180	GAUSS234
	DO 160 J = K, NI	GAUSS235
	AUX = A (ILPP, J)	GAUSS236
	A (ILPP, J) = A (ILP, J)	GAUSS237
	A (ILP, J) = AUX	GAUSS238
160	CONTINUE	GAUSS239
	DO 170 J = 1, NCC	GAUSS240
	AUX = C (ILVPP, J)	GAUSS241
	C (ILVPP, J) = C (K, J)	GAUSS242
	C (K, J) = AUX	GAUSS243
170	CONTINUE	GAUSS244
180	CONTINUE	GAUSS245
C		GAUSS246
C-----	DIVISAO DA LINHA DO PIVO PELO PIVO.	GAUSS247
C		GAUSS248
190	CONTINUE	GAUSS249
	PIVO = A (ILP, K)	GAUSS250
C		GAUSS251
C	VERIFICACAO DO PIVO.	GAUSS252
C		GAUSS253
	IF (ABS (PIVO) .LT. 1E-39) GO TO 560 *** PRECISAO SIMPLES ***	GAUSS254
C	IF (DABS (PIVO) .LT. 1E-30) GO TO 550 *** PRECISAO DUPLA ***	GAUSS255
	DO 200 J = K1, NI	GAUSS256
	A (ILP, J) = A (ILP, J) / PIVO	GAUSS257
200	CONTINUE	GAUSS258
	DO 210 J = 1, NCC	GAUSS259
	C (K, J) = C (K, J) / PIVO	GAUSS260
210	CONTINUE	GAUSS261
C		GAUSS262
C-----	MODIFICACAO DAS LINHAS DO BLOCO 1.	GAUSS263
C		GAUSS264
	PIVO = 0.	GAUSS265
	NBPP = 0	GAUSS266
	ILM = ILP1	GAUSS267
	ILV = K1	GAUSS268
220	CONTINUE	GAUSS269
C		GAUSS270
C	VERIFICACAO DE FIM DE BLOCO.	GAUSS271
C		GAUSS272
	IF (ILM .GT. ILFBI) GO TO 260	GAUSS273
C		GAUSS274
C	MODIFICACAO DA LINHA ATUAL DA MATRIZ	GAUSS275
C	DOS COEFICIENTES.	GAUSS276
C		GAUSS277
	AK = A (ILM, K)	GAUSS278
	DO 230 J = K1, NI	GAUSS279
	A (ILM, J) = A (ILM, J) - AK * A (ILP, J)	GAUSS280
230	CONTINUE	GAUSS281
C		GAUSS282
C	VERIFICACAO DO PROXIMO PIVO.	GAUSS283
C		GAUSS284
	AUX = ABS (A (ILM, K1)) *** PRECISAO SIMPLES ***	GAUSS285
C	AUX = DABS (A (ILM, K1)) *** PRECISAO DUPLA ***	GAUSS286
	IF (PIVO .GE. AUX) GO TO 240	GAUSS287
	ILPP = ILM	GAUSS288
	ILVPP = ILV	GAUSS289
	PIVO = AUX	GAUSS290

240	CONTINUE	GAUSS291
C		GAUSS292
C	MODIFICACAO DA LINHA ATUAL DA MATRIZ	GAUSS293
C	DOS TERMOS INDEPENDENTES.	GAUSS294
C		GAUSS295
	DO 250 J = 1, NCC	GAUSS296
	C (ILV, J) = C (ILV, J) - AK * C (K, J)	GAUSS297
250	CONTINUE	GAUSS298
C		GAUSS299
C	INCREMENTA INDICES DE LINHAS.	GAUSS300
C		GAUSS301
	ILM = ILM + 1	GAUSS302
	ILV = ILV + 1	GAUSS303
	GO TO 220	GAUSS304
C		GAUSS305
C-----	FIM DO BLOCO 1.	GAUSS306
C		GAUSS307
260	CONTINUE	GAUSS308
	IF (PIVO .EQ. 0) GO TO 300	GAUSS309
C		GAUSS310
C-----	ATUALIZACAO DO PIVO.	GAUSS311
C		GAUSS312
	NBPP = NB1	GAUSS313
	IF (ILPP .EQ. ILP1) GO TO 290	GAUSS314
	DO 270 J = K, NI	GAUSS315
	AUX = A (ILPP, J)	GAUSS316
	A (ILPP, J) = A (ILP1, J)	GAUSS317
	A (ILP1, J) = AUX	GAUSS318
270	CONTINUE	GAUSS319
	DO 280 J = 1, NCC	GAUSS320
	AUX = C (ILVPP, J)	GAUSS321
	C (ILVPP, J) = C (K1, J)	GAUSS322
	C (K1, J) = AUX	GAUSS323
280	CONTINUE	GAUSS324
290	CONTINUE	GAUSS325
300	CONTINUE	GAUSS326
C		GAUSS327
C	VERIFICA SE EXISTE ALGUM BLOCO 2.	GAUSS328
C		GAUSS329
	IF (NTB2 .LE. 0) GO TO 420	GAUSS330
C		GAUSS331
C-----	'LOOP' DOS BLOCOS 2.	GAUSS332
C		GAUSS333
	NB = 1	GAUSS334
	NPB2 = NB1 + 1	GAUSS335
	ATPIV = ILP .LT. ILF01	GAUSS336
310	CONTINUE	GAUSS337
C		GAUSS338
C-----	MODIFICACAO DAS LINHAS DO BLOCO 2-ATUAL.	GAUSS339
C		GAUSS340
	ILM = IL1B2	GAUSS341
	ILV = (402 - 1) * NLB + 1	GAUSS342
320	CONTINUE	GAUSS343
C		GAUSS344
C	MODIFICACAO DA LINHA ATUAL DA MATRIZ	GAUSS345
C	DOS COEFICIENTES.	GAUSS346
C		GAUSS347
	AK = A (ILM, K)	GAUSS348

	DO 330 J = KI, NI	GAUSS349
	A (ILM, JJ) = A (ILM, JJ) - AK * A (ILP, J)	GAUSS350
330	CONTINUE	GAUSS351
C		GAUSS352
C	VERIFICACAO DO PROXIMO PIVO.	GAUSS353
C		GAUSS354
	AUX = ABS (A (ILM, KI)).      XXX PRECISAO SIMPLES      XXX	GAUSS355
C	AUX = DABS (A (ILM, KI))      XXX PRECISAO DUPLA      XXX	GAUSS356
	IF (PIVO .GE. AUX) GO TO 340	GAUSS357
	ILPP = ILM	GAUSS358
	ILVPP = ILV	GAUSS359
	NUPP = N02	GAUSS360
	PIVO = AUX	GAUSS361
340	CONTINUE	GAUSS362
C		GAUSS363
C	MODIFICACAO DA LINHA ATUAL DA MATRIZ	GAUSS364
C	DOS TERMOS INDEPENDENTES.	GAUSS365
C		GAUSS366
	DO 350 J = 1, NCC	GAUSS367
	C (ILV, JJ) = C (ILV, JJ) - AK * C (K, J)	GAUSS368
350	CONTINUE	GAUSS369
C		GAUSS370
C	VERIFICACAO DE FIM DE BLOCO.	GAUSS371
C		GAUSS372
	IF (ILM .GE. ILFB2) GO TO 360	GAUSS373
C		GAUSS374
C	INCREMENTA INDICES DE LINHAS.	GAUSS375
C		GAUSS376
	ILM = ILM + 1	GAUSS377
	ILV = ILV + 1	GAUSS378
	GO TO 320	GAUSS379
C		GAUSS380
C-----	FIM DE BLOCO.	GAUSS381
C		GAUSS382
360	CONTINUE	GAUSS383
C		GAUSS384
C	VERIFICA SE O PROXIMO PIVO ESTA NO BLOCO 2 ATUAL.	GAUSS385
C		GAUSS386
	IF (NUPP .NE. N02) GO TO 410	GAUSS387
C		GAUSS388
C	VERIFICA SE O PROXIMO PIVO DEVE SER ATUALIZADO.	GAUSS389
C		GAUSS390
	IF (ATPIV) GO TO 370	GAUSS391
C		GAUSS392
C	NÃO ATUALIZA O PROXIMO PIVO.	GAUSS393
C	(O BLOCO 1 ESTA TOTALMENTE TRIANGULARIZADO)	GAUSS394
C	CALCULA O NUMERO DA LINHA DO PROXIMO PIVO.	GAUSS395
C		GAUSS396
	NLPP = ILPP - ILFB2	GAUSS397
	GO TO 410	GAUSS398
C		GAUSS399
C	ATUALIZA O PROXIMO PIVO.	GAUSS400
C		GAUSS401
370	CONTINUE	GAUSS402
	IF (ILPP .GE. ILP1) GO TO 400	GAUSS403
	DO 380 J = K, NI	GAUSS404
	AUX = A (ILPP, JJ)	GAUSS405
	A (ILPP, JJ) = A (ILP1, JJ)	GAUSS406

	A (ILP1, J) = AUX	GAUSS437
380	CONTINUE	GAUSS438
	DO 390 J = 1, MCC	GAUSS439
	AUX = C (ILVPP, J)	GAUSS440
	C (ILVPP, J) = C (K1, J)	GAUSS441
	C (K1, J) = AUX	GAUSS442
390	CONTINUE	GAUSS443
400	CONTINUE	GAUSS444
C		GAUSS445
C	VERIFICACAO DE FIM DE BLOCOS.	GAUSS446
C		GAUSS447
410	CONTINUE	GAUSS448
	IF (NB .GE. NTB2) GO TO 420	GAUSS449
C		GAUSS450
C	GRAVACAO DO BLOCO 2 MODIFICADO.	GAUSS451
C		GAUSS452
	WRITE (NAM = NB2) ((A(I, J), J = K1, NI),	GAUSS453
	I = ILB2, ILFB2)	GAUSS454
C		GAUSS455
C	INCREMENTA NUMERO DE BLOCO.	GAUSS456
C		GAUSS457
	NB = NB + 1	GAUSS458
	NB2 = NB2 + 1	GAUSS459
	NLBA = NLB	GAUSS460
	IF (NB2 .GT. NTB) NB2 = NTB	GAUSS461
	IF (NB2 .EQ. NTB) NLBA = NLUB	GAUSS462
	ILFB2 = ILB2 + NLBA - 1	GAUSS463
C		GAUSS464
C-----	LEITURA DE NOVO BLOCO 2.	GAUSS465
C		GAUSS466
	READ (NAM = NB2) ((A(I, J), J = K, NI),	GAUSS467
	I = ILB2, ILFB2)	GAUSS468
	GO TO 310	GAUSS469
C		GAUSS470
C	INCREMENTA INDICE DA LINHA DO PIVO.	GAUSS471
C		GAUSS472
420	CONTINUE	GAUSS473
	ILP = ILP + 1	GAUSS474
430	CONTINUE	GAUSS475
C		GAUSS476
C-----	VERIFICA NUMERO DE LINHAS DO ULTIMO BLOCO.	GAUSS477
C		GAUSS478
	IF (NLUB .NE. 1) GO TO 440	GAUSS479
C		GAUSS480
C	ULTIMO BLOCO SO' TEM UMA LINHA (NLUB = 1)	GAUSS481
C	BLOCO 1 E' O PENULTIMO BLOCO TRIANGULARIZADO	GAUSS482
C	BLOCO 2 E' O ULTIMO BLOCO TRIANGULARIZADO.	GAUSS483
C		GAUSS484
	ILIP3 = ILB1	GAUSS485
	ILFP3 = ILF1	GAUSS486
	ILB1 = ILB2	GAUSS487
C		GAUSS488
C	VERIFICACAO DO ULTIMO PIVO.	GAUSS489
C		GAUSS490
440	CONTINUE	GAUSS491
	PIVO = A (ILF3, NI)	GAUSS492
	IF (ABS (PIVO) .LT. 1E-30) GO TO 560	GAUSS493
C	IF (DABS (PIVO) .LT. 1E-30) GO TO 560	GAUSS494
	*** PRECISAO SIMPLES ***	GAUSS495
	*** PRECISAO DUPLA ***	GAUSS496

C		GAUSS465
C-----		GAUSS466
C	CALCULO DA ULTIMA LINHA DE INCOGNITAS	GAUSS467
C-----		GAUSS468
C		GAUSS469
	DO 450 J = 1, NCC	GAUSS470
	C (NI, J) = C (NI, J) / PIVO	GAUSS471
	450 CONTINUE	GAUSS472
	IF (NP.EQ.0) GO TO 550	GAUSS473
C		GAUSS474
C-----		GAUSS475
C	RETROSUBSTITUICAO	GAUSS476
C-----		GAUSS477
C		GAUSS478
	ILV = NP	GAUSS479
	ILM = ILFBI - 1	GAUSS480
	IF (NLUQ.EQ.1) GO TO 490	GAUSS481
C		GAUSS482
C-----	'LOOP' DO ULTIMO BLOCO (BLOCO 1).	GAUSS483
C		GAUSS484
	460 CONTINUE	GAUSS485
C		GAUSS486
C-----	CALCULO DA INCOGNITA ATUAL.	GAUSS487
C		GAUSS488
	K1 = ILV + 1	GAUSS489
	DO 480 J = 1, NCC	GAUSS490
	AUX = C (ILV, J)	GAUSS491
	DO 470 K = K1, NI	GAUSS492
	AUX = AUX - A (ILM, K) * C (K, J)	GAUSS493
470	CONTINUE	GAUSS494
	C (ILV, J) = AUX	GAUSS495
480	CONTINUE	GAUSS496
C		GAUSS497
C-----	DECREMENTA INDICES DE LINHAS.	GAUSS498
C		GAUSS499
	ILM = ILM - 1	GAUSS500
	ILV = ILV - 1	GAUSS501
C		GAUSS502
C-----	VERIFICACAO DE FIM DE BLOCO.	GAUSS503
C		GAUSS504
	IF (ILM.LE.ILIB1) GO TO 490	GAUSS505
	GO TO 460	GAUSS506
C		GAUSS507
C-----	FIM DE BLOCO.	GAUSS508
C		GAUSS509
C	VERIFICA SE TODAS INCOGNITAS FORAM CALCULADAS.	GAUSS510
C		GAUSS511
	490 CONTINUE	GAUSS512
	IF (ILV.LE.0) GO TO 550	GAUSS513
	ILFBI = ILFBI	GAUSS514
	ILFBI = ILFBI	GAUSS515
	NB = NP3	GAUSS516
C		GAUSS517
C-----	'LOOP' DOS DEMAIS BLOCOS.	GAUSS518
C		GAUSS519
	500 CONTINUE	GAUSS520
	ILM = ILFBI	GAUSS521
C		GAUSS522

```

C----- 'LOOP' DO BLOCO ATUAL. GAUSS523
C GAUSS524
510 CONTINUE GAUSS525
C GAUSS526
C----- CALCULO DA INCOGNITA ATUAL. GAUSS527
C GAUSS528
      K1 = ILV + 1 GAUSS529
      DO 530 J = 1, NCC GAUSS530
        AUX = C (ILV, J) GAUSS531
        DO 520 K = K1, NI GAUSS532
          AUX = AUX - A (ILM, K) * C (K, J) GAUSS533
        520 CONTINUE GAUSS534
        C (ILV, J) = AUX GAUSS535
      530 CONTINUE GAUSS536
C GAUSS537
C      DECREMENTA INDICES DE LINHAS. GAUSS538
C GAUSS539
      ILM = ILM - 1 GAUSS540
      ILV = ILV - 1 GAUSS541
C GAUSS542
C      VERIFICACAO DE FIM DE BLOCO. GAUSS543
C GAUSS544
      IF (ILM .LT. ILIB1) GO TO 540 GAUSS545
      GO TO 510 GAUSS546
C GAUSS547
C----- FIM DE BLOCO. GAUSS548
C GAUSS549
C      VERIFICA SE TODAS INCOGNITAS FORAM CALCULADAS. GAUSS550
C GAUSS551
540 CONTINUE GAUSS552
      IF (ILV .LE. 0) GO TO 550 GAUSS553
C GAUSS554
C      LEITURA DE NOVO BLOCO. GAUSS555
C GAUSS556
      NB = NB + 1 GAUSS557
      JAUX = (NB - 1) * NLB - ILIB1 + 2 GAUSS558
      READ (NAM = NB) ((A (I, J), J = JAUX + 1, NI), GAUSS559
        I = ILIB1, ILFB1) GAUSS560
      GO TO 530 GAUSS561
C GAUSS562
C----- GAUSS563
C      FIM DA ROTINA GAUSS564
C----- GAUSS565
C GAUSS566
C----- TERMINACAO NORMAL. GAUSS567
C GAUSS568
550 CONTINUE GAUSS569
      IERR = 0 GAUSS570
      RETURN GAUSS571
C GAUSS572
C----- SINGULARIDADE NA MATRIZ DO SISTEMA. GAUSS573
C GAUSS574
560 CONTINUE GAUSS575
      IERR = 1 GAUSS576
      RETURN GAUSS577
      END GAUSS578

```

```

SUBROUTINE GER12 (NPI, RM, W)
C
C-----
C
C          GERACAO DOS PONTOS PARA INTEGRACAO (GAUSS)
C          MAXIMO DE 12 PONTOS
C-----
C
C-----
C          PARAMETROS FORNAIS:
C
C          INTEGER
C          - NPI          % NUMERO DE PONTOS DE INTEGRACAO
C
C          REAL
C          - RM (3, NPI),  % COORDENADAS TRIANGULARES
C          - W (1)         % PESOS
C-----
C          PROCEDIMENTOS.
C
C          GO TO (120, 190, 190, 130, 140, 190, 190, 190, 190, 150)
C          - NPI = 2
C-----
C          NPI = 3
C
C          120 CALL MULT3 (RM (1, 1), .666666666666, .166666666667)
C          CALL MULTI (W (1), .333333333333, 3)
C          GO TO 160
C-----
C          NPI = 6
C
C          130 CALL MULT3 (RM (1, 1), .81684757298, .09157621351)
C          CALL MULT3 (RM (1, 4), .10810301816, .44594847092)
C          CALL MULTI (W (1), .10995174366, 3)
C          CALL MULTI (W (4), .22339158967, 3)
C          GO TO 150
C-----
C          NPI = 7
C
C          140 CALL MULTI (RM (1, 1), .33333333333, 3)
C          CALL MULT3 (RM (1, 2), .79742698536, .10128650732)
C          CALL MULT3 (RM (1, 5), .05971587178, .47314206411)
C          X (1) = .22500000000
C          CALL MULTI (W (2), .12593913054, 3)
C          CALL MULTI (W (5), .13239415279, 3)
C          GO TO 160
C-----
C          NPI = 12
C
C          150 CALL MULT3 (RM (1, 1), .87382197102, .06308701449)
C          CALL MULT3 (RM (1, 4), .50142650956, .24928674517)
C          CALL MULT3 (RM (1, 7), .63650249912, .31035245103,
C          .05314504985)
C          CALL MULTI (W (1), .05004497637, 3)
C          CALL MULTI (W (4), .11678627572, 3)
C          CALL MULTI (W (7), .08295107562, 6)

```

163 CONTINUE  
190 RETURN  
END

GER12059  
GER12060  
GER12061



```

SUBROUTINE GER64
  - (PM, M)
C
C-----
C
C          GERACAO DAS COORDENADAS TRIANGULARES E
C          DOS PESOS PARA 64 PONTOS DE INTEGRACAO
C-----
C
C          PARAMETROS FORMAIS:
C
C          REAL
C          - RH (3, 64),      X COORDENADAS TRIANGULARES
C          - H (64)           X PESOS
C
C          VARIAVEIS LOCAIS:
C
C          INTEGER
C          - I,               X INDICE GERAL
C          - J,               X INDICE GERAL
C          - K,               X INDICE GERAL
C
C          REAL
C          - A (3),          X VETOR AUXILIAR
C          - B (3),          X VETOR AUXILIAR
C          - R (3),          X VETOR AUXILIAR
C          - S (3),          X VETOR AUXILIAR
C          - AA,              X VARIAVEL AUXILIAR
C          - XX,              X VARIAVEL AUXILIAR
C          - YY,              X VARIAVEL AUXILIAR
C
C          DATA
C          - A / .00329519144, .01784290266, .04543931950,
C          - .07919989949, .10604735944, .11250579947,
C          - .02111902364, .04455030435 / ,
C          - B / .00061426814, .1111951723, .15685332294,
C          - .18134189169, .19134189169, .15685332294,
C          - .11119051723, .05061426814 / ,
C          - R / .044553375029, .14455624704, .28682475716,
C          - .68401331520, .52836793542, .76569152060,
C          - .00067639218, .98222034485 / ,
C          - S / .01085507175, .10166076129, .23723379504,
C          - .408428267875, .59171732125, .76275620496,
C          - .89133323871, .98814492825 /
C
C
C-----
C          PROCEDIMENTOS.
C
C          K = 0
C          DO 110 J = 1, 3
C             XX = R (J)
C             AA = A (J)
C             DO 100 I = 1, 3
C                YY = XX + S (I)
C                K = K + 1

```

RM (1, N) = 1 - XX	GER64059
RM (2, N) = XX - YY	GER64060
RM (3, N) = YY	GER64061
W (K) = 2 * AA + B (I)	GER64062
100 CONTINUE	GER64063
110 CONTINUE	GER64064
RETURN	GER64065
END	GER64066

SUBROUTINE HORAS	HORAS001
- (VET)	HORAS002
C	HORAS003
C-----	HORAS004
C	HORAS005
C	HORAS006
C	HORAS007
C	HORAS008
C-----	HORAS009
C	HORAS010
C	HORAS011
C-----	HORAS012
C	HORAS013
REAL	HORAS014
- VET (2)	HORAS015
	HORAS016
C	HORAS017
C-----	HORAS018
C	HORAS019
INTEGER	HORAS020
- HOR,	HORAS021
- MIN,	HORAS022
- SEG	HORAS023
C	HORAS024
REAL	HORAS025
- A1 (1),	HORAS026
- A2 (1),	HORAS027
- A3 (1)	HORAS028
C	HORAS029
C	HORAS030
C-----	HORAS031
C	HORAS032
SEG = TIME (11) * 240-7	HORAS033
MIN = SEG / 60	HORAS034
HOR = MIN / 60	HORAS035
SEG = SEG - 60 * MIN	HORAS036
MIN = MIN - 60 * HOR	HORAS037
HOR = HOR + 1000	HORAS038
MIN = MIN + 1000	HORAS039
SEG = SEG + 1000	HORAS040
WRITE (A1, 1000) HOR	HORAS041
WRITE (A2, 1000) MIN	HORAS042
WRITE (A3, 1000) SEG	HORAS043
WRITE (VET, 1100) A1, A2, A3	HORAS044
RETURN	HORAS045
1000 FORMAT (I6)	HORAS046
1100 FORMAT (22, ':", 02, ':", 02)	HORAS047
END	HORAS048

SUBROUTINE ICONEL	ICONE001
- (LISTIC)	ICONE002
C	ICONE003
C-----	ICONE004
C	ICONE005
C IMPRESSAO DA CONECTIVIDADE DOS ELEMENTOS	ICONE006
C	ICONE007
C-----	ICONE008
C	ICONE009
C	ICONE010
C----- PARAMETROS FORMAIS:	ICONE011
C	ICONE012
LOGICAL	ICONE013
- LISTC X INDICADOR DE LISTA COMPLETA	ICONE014
C	ICONE015
C	ICONE016
C----- VARIAVEIS GLOBAIS:	ICONE017
C	ICONE018
LOGICAL	ICONE019
- FALSE.	ICONE020
- LIST2	ICONE021
C	ICONE022
COMMON	ICONE023
- /ARQUI/ NAL, NAI	ICONE024
- /ZONEI/ NEL, NNE, ICON (3, 1001)	ICONE025
- /LISTA/ NNOS, LIST (1001)	ICONE026
- /TITULO/ NLIN, NMLIN	ICONE027
C	ICONE028
C	ICONE029
C----- VARIAVEIS LOCAIS:	ICONE030
C	ICONE031
INTEGER	ICONE032
- I, X INDICE GERAL	ICONE033
- J, X INDICE GERAL	ICONE034
- NE X NUMERO DE ELEMENTO	ICONE035
C	ICONE036
REAL	ICONE037
- CABEC (5, 2) X MATRIZ DO CABECALHO	ICONE038
C	ICONE039
DATA	ICONE040
- CABEC / CONECTIVIDADE DOS ELEMENTOS *	ICONE041
- *ELEM. CONECTIVIDADE *	ICONE042
C	ICONE043
C	ICONE044
C----- PROCEDIMENTOS.	ICONE045
C	ICONE046
IF (LIST2 (NEL, LISTC)) RETURN	ICONE047
NLIN = NMLIN	ICONE048
DO 100 J = 1, NNOS	ICONE049
NE = LIST (J)	ICONE050
IF (NE.GT. NEL) RETURN	ICONE051
IF (FALSE (NE, 11)) GO TO 100	ICONE052
CALL PADIN (1, .TRUE., CABEC, 5, 2)	ICONE053
WRITE (NAI, 1000) NE, (ICON (I, NE), I = 1, 3)	ICONE054
100 CONTINUE	ICONE055
RETURN	ICONE056
1000 FORMAT (10X, 14, 1X, 8 (17))	ICONE057
END	ICONE058

SUBROUTINE ICONS	ICONS001
C	ICONS002
C-----	ICONS003
C	ICONS004
C	ICONS005
C	ICONS006
C-----	ICONS007
C	ICONS008
C	ICONS009
C-----	ICONS010
C	ICONS011
COMMON	ICONS012
- /ARQUI/ NAL, NAI	ICONS013
- /CONST/ E, CP, PE, COL, NPICG, NPICE, NP11	ICONS014
- /TITUL/ NLIN, NMLIN	ICONS015
C	ICONS016
C	ICONS017
C-----	ICONS018
C	ICONS019
REAL	ICONS020
- CABEC (2, 1)            % MATRIZ DO CABECALHO	ICONS021
C	ICONS022
DATA	ICONS023
- CABEC / 'CONSTANTES' //	ICONS024
C	ICONS025
C	ICONS026
C-----	ICONS027
C	ICONS028
CALL PAGIN(100000, .TRUE., CABEC, 2, 1)	ICONS029
WRITE (NAL, 1000) E, CP, PE, COL, NPICG, NPICE, NP11	ICONS030
RETURN	ICONS031
1000 FORMAT (I07, 'CARACTERISTICAS DO MATERIAL:', //,	ICONS032
-        I07, 'MODULO DE ELASTICIDADE                = ',	ICONS033
-        G11.5, //,	ICONS034
-        I07, 'COEFICIENTE DE POISSON                = ',	ICONS035
-        G11.5, //,	ICONS036
-        I07, 'PESO ESPECIFICO                        = ',	ICONS037
-        G11.5, //,	ICONS038
-        I07, 'COEFICIENTE DE DILATAÇÃO LINEAR       = ',	ICONS039
-        G11.5, ///,	ICONS040
-        I07, 'NUMERO DE PONTOS PARA INTEGRAÇÃO NUMERICA', //,	ICONS041
-        I07, 'PONTO DE APLICAÇÃO DA CARGA UNITARIA NO: ', ///,	ICONS042
-        I07, 'CONTOURNO                                = ',	ICONS043
-        I4, //,	ICONS044
-        I07, 'CONTOURNO PERTENCENDO AO ELEMENTO = ',	ICONS045
-        I4, //,	ICONS046
-        I07, 'INTERIOR                                 = ',	ICONS047
-        I4)	ICONS048
END	ICONS049

```

SUBROUTINE ICORR                                     ICORR001
- (ICOD)                                             ICORR002
C                                                    ICORR003
C-----ICORR004
C                                                    ICORR005
C                IMPRESSAO DAS COORDENADAS NODAIS    ICORR006
C                                                    ICORR007
C-----ICORR008
C                                                    ICORR009
C                                                    ICORR010
C-----PARAMETROS FORMAIS:                         ICORR011
C                                                    ICORR012
C                INTEGER                             ICORR013
C                - ICOD                               ICORR014
C                X CODIGO DO TIPO DE COORDENADAS     ICORR015
C                X 0 -> NAO ESPECIFICADO             ICORR016
C                X 1 -> CONTORNO                      ICORR017
C                X 2 -> INTERIOR                     ICORR018
C                                                    ICORR019
C-----VARIAVEIS GLOBAIS:                          ICORR020
C                                                    ICORR021
C                LOGICAL                             ICORR022
C                - FALSE,                             ICORR023
C                - LIST2                              ICORR024
C                                                    ICORR025
C                COMMON                               ICORR026
C                - /ARQUI/ NAL, NAI                  ICORR027
C                - /COORD/ NNC, NMNC, XC (3, 1001)    ICORR028
C                - /INTER/ NNI, NMNI, XI (3, 1001)    ICORR029
C                - /LISTA/ NNOS, LIST (1001)          ICORR030
C                - /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101) ICORR031
C                - /TITUL/ NLIN, NMLIN               ICORR032
C                                                    ICORR033
C                                                    ICORR034
C-----VARIAVEIS LOCAIS:                           ICORR035
C                                                    ICORR036
C                LOGICAL                             ICORR037
C                - LISTC                             ICORR038
C                X INDICADOR DE LISTA COMPLETA       ICORR039
C-----ICORR040
C                INTEGER                             ICORR041
C                - I,                                ICORR042
C                X INDICE GERAL                      ICORR043
C                - J,                                ICORR044
C                X INDICE GERAL                      ICORR045
C                - NO                                 ICORR046
C                X NUMERO DE NO                      ICORR047
C                                                    ICORR048
C                REAL                                ICORR049
C                - CABEC (7, 2)                      ICORR050
C                X MATRIZ DO CABECALHO              ICORR051
C                                                    ICORR052
C                DATA                                ICORR053
C                - CABEC / COORDENADAS NODAIS PONTOS DO ICORR054
C                - NO COORDENADAS CARTESIANAS        ICORR055
C                                                    ICORR056
C-----PROCEDIMENTOS.                              ICORR057
C                                                    ICORR058
C                LISTC = ICOD - NE, 0                ICORR059
C                IF (LISTC) GO TO 100                 ICORR060
C                ICS = IES + 1                        ICORR061
C                IF (ICS .GE. NES) GO TO 150          ICORR062

```

IF (CIP (IES) .NE. 1) GO TO 175	IC00R059
IC00 = NLIS (IES) - 14	IC00R060
100 CONTINUE	IC00R061
NLIN = NMLIN	IC00R062
GO TO (110, 130) IC00	IC00R063
GO TO 160	IC00R064
C	IC00R065
C----- PONTOS DO CONTOURNO.	IC00R066
C	IC00R067
110 CONTINUE	IC00R068
CABEC (6, 1) = 'CONTOUR'	IC00R069
CABEC (7, 1) = 'NO'	IC00R070
IF (LIST2 (NMC, LISTC)) RETURN	IC00R071
DO 120 J = 1, NNOS	IC00R072
NO = LIST (J)	IC00R073
IF (NO .GT. NMC) RETURN	IC00R074
IF (FALSE (NO, 9)) GO TO 120	IC00R075
CALL PAGIN (1, .TRUE., CABEC, 7, 2)	IC00R076
WRITE (NAI, 1000) NO, (XC (I, NO), I = 1, 3)	IC00R077
120 CONTINUE	IC00R078
RETURN	IC00R079
C	IC00R080
C----- PONTOS DO INTERIOR	IC00R081
C	IC00R082
130 CONTINUE	IC00R083
CABEC (6, 1) = 'INTERI'	IC00R084
CABEC (7, 1) = 'OR'	IC00R085
IF (LIST2 (NMI, LISTC)) RETURN	IC00R086
NLIN = NMLIN	IC00R087
DO 140 J = 1, NNOS	IC00R088
NO = LIST (J)	IC00R089
IF (NO .GT. NMI) RETURN	IC00R090
IF (FALSE (NO, 9)) GO TO 140	IC00R091
CALL PAGIN (1, .TRUE., CABEC, 7, 2)	IC00R092
WRITE (NAI, 1000) NO, (XI (I, NO), I = 1, 3)	IC00R093
140 CONTINUE	IC00R094
RETURN	IC00R095
C	IC00R096
C----- ERROS.	IC00R097
C	IC00R098
150 CALL ERRO (16)	IC00R099
RETURN	IC00R100
160 CALL ERRO (17)	IC00R101
RETURN	IC00R102
170 CALL ERRO (2)	IC00R103
RETURN	IC00R104
1000 FORMAT (T07, 14, 4X, 'X ', G11.5,	IC00R105
- 4X, 'Y ', G11.5,	IC00R106
- 4X, 'Z ', G11.5)	IC00R107
END	IC00R108

SUBROUTINE IDADD	IDADD001
C	IDADD002
C-----	IDADD003
C	IDADD004
C	IDADD005
C	IDADD006
C-----	IDADD007
C	IDADD008
C	IDADD009
C-----	IDADD010
C	IDADD011
LOGICAL	IDADD012
- EXPES.	IDADD013
- EXIPT	IDADD014
C	IDADD015
COMMON	IDADD016
- /CARRE/ MCA, MCC, NMCC, NMCA (12), RNDMC (12, 1)	IDADD017
- /PESOP/ EXPES	IDADD018
- /TEMPE/ EXIPT	IDADD019
C	IDADD020
C	IDADD021
C-----	IDADD022
C	IDADD023
CALL ICONS	IDADD024
CALL ICONR (1)	IDADD025
CALL ICONR (2)	IDADD026
CALL ICONC (.TRUE.)	IDADD027
CALL IREST (.TRUE.)	IDADD028
CALL IDESL (3)	IDADD029
CALL IFORC (1)	IDADD030
CALL IFORC (2)	IDADD031
IF (.NOT. EXIPT) GO TO 100	IDADD032
CALL ITEMP (1)	IDADD033
CALL ITEMP (2)	IDADD034
CALL IGRAD (.TRUE.)	IDADD035
100 CONTINUE	IDADD036
IF (EXPES) CALL IPESD	IDADD037
RETURN	IDADD038
END	IDADD039



SUBROUTINE IDESL		IDESL001
-	(ICOD)	IDESL002
C		IDESL003
C	-----	IDESL004
C		IDESL005
C	IMPRESSAO DOS DESLOCAMENTOS	IDESL006
C		IDESL007
C	-----	IDESL008
C		IDESL009
C		IDESL010
C	-----	IDESL011
C	PARAMETROS FORMAIS:	IDESL012
	INTEGER	IDESL013
-	ICOD	IDESL014
	X CODIGO DO TIPO DE DESLOCAMENTO	IDESL015
	X 0 -> NAO ESPECIFICADO	IDESL016
	X 1 -> CONTOUR	IDESL017
	X 2 -> INTERIOR	IDESL018
	X 3 -> PRESCRITO	IDESL019
C		IDESL020
C		IDESL021
C	-----	IDESL022
C	VARIAVEIS GLOBAIS:	IDESL023
	LOGICAL	IDESL024
-	FALSE,	IDESL025
-	LIST2,	IDESL026
-	RESUL	IDESL027
C		IDESL028
	COMMON	IDESL029
-	/ARQUI/ NAL, NAI, NAR, NAM, NADC, NADI	IDESL030
-	/COORD/ NNC	IDESL031
-	/DESLO/ UC (3, 1001)	IDESL032
-	/ESTAT/ RESUL	IDESL033
-	/INTER/ NNI	IDESL034
-	/LISTA/ NNOS, LIST (1001)	IDESL035
-	/REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101)	IDESL036
-	/TITUL/ NLIN, NMLIN	IDESL037
C		IDESL038
C		IDESL039
C	-----	IDESL040
C	VARIAVEIS LOCAIS:	IDESL041
	LOGICAL	IDESL042
-	LISTC	IDESL043
	X INDICADOR DE LISTA COMPLETA	IDESL044
C		IDESL045
	INTEGER	IDESL046
-	I,	IDESL047
	X INDICE GERAL	IDESL048
-	J,	IDESL049
	X INDICE GERAL	IDESL050
-	NO	IDESL051
	X NUMERO DE NO	IDESL052
C		IDESL053
	REAL	IDESL054
-	CABE1 (6, 2),	IDESL055
	X MATRIZ DO CABECALHO 1	IDESL056
-	CABE2 (6, 2),	IDESL057
	X MATRIZ DO CABECALHO 2	IDESL058
-	CABE3 (6, 2),	IDESL059
	X MATRIZ DO CABECALHO 3	IDESL060
-	UI (3)	IDESL061
	X DESLOCAMENTOS DO INTERIOR	IDESL062
C		IDESL063
	DATA	IDESL064
-	CABE1 / 'DESLOCAMENTOS - PONTOS DO CONTOUR	IDESL065
-	'NO DESLOCAMENTOS	IDESL066
-	CABE2 / 'DESLOCAMENTOS - PONTOS DO INTERIOR	IDESL067

-	'NO	DESLOCAMENTOS	' /	IDESL059
-	CADE3 /	DESLOCAMENTOS PRESCRITOS (CONFORME)	'	IDESL060
-	'NO	DESLOCAMENTOS	' /	IDESL061
C				IDESL062
C				IDESL063
C-----		PROCEDIMENTOS.		IDESL064
C				IDESL065
	LISTIC = ICOD .NE. 0			IDESL066
	IF (LISTIC) GO TO 100			IDESL067
	IES = IES + 1			IDESL068
	IF (IES .GT. NES) GO TO 190			IDESL069
	IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 200			IDESL070
	ICOD = NLIS (IES) - 14			IDESL071
100	CONTINUE			IDESL072
	NLIN = NMLIN			IDESL073
	GO TO (110, 130, 150) ICOD.			IDESL074
	GO TO 190			IDESL075
C				IDESL076
C-----		PONTOS DO CONTOURNO.		IDESL077
C				IDESL078
110	CONTINUE			IDESL079
	IF (LIST2 (NNC, LISTC)) RETURN			IDESL080
	IF (.NOT. RESUL) GO TO 170			IDESL081
	DO 120 J = 1, NNOS			IDESL082
	NO = LIST (J)			IDESL083
	IF (NO .GT. NNC) RETURN			IDESL084
	IF (.FALSE. (NO, 8)) GO TO 120			IDESL085
	CALL PAGIN (1, .FALSE., CADE1, 6, 2)			IDESL086
	WRITE (NAI, 1000) NO, (UC (I, NO), I = 1, 3)			IDESL087
120	CONTINUE			IDESL088
	RETURN			IDESL089
C				IDESL090
C-----		PONTOS DO INTERIOR.		IDESL091
C				IDESL092
130	CONTINUE			IDESL093
	IF (LIST2 (NNI, LISTC)) RETURN			IDESL094
	DO 140 J = 1, NNOS			IDESL095
	IF (.NOT. RESUL) GO TO 170			IDESL096
	NO = LIST (J)			IDESL097
	IF (NO .GT. NNI) RETURN			IDESL098
	IF (.FALSE. (NO, 9)) GO TO 140			IDESL099
	CALL PAGIN (1, .FALSE., CADE2, 6, 2)			IDESL100
	READ (NAI, 1000) NO, UI			IDESL101
	WRITE (NAI, 1000) NO, UI			IDESL102
140	CONTINUE			IDESL103
	RETURN			IDESL104
C				IDESL105
C-----		DESLOCAMENTOS PRESCRITOS.		IDESL106
C				IDESL107
150	CONTINUE			IDESL108
	IF (LIST2 (NNC, LISTC)) RETURN			IDESL109
	DO 160 J = 1, NNOS			IDESL110
	NO = LIST (J)			IDESL111
	IF (NO .GT. NNC) RETURN			IDESL112
	IF (.FALSE. (NO, 7)) GO TO 160			IDESL113
	CALL PAGIN (1, .FALSE., CADE3, 6, 2)			IDESL114
	WRITE (NAI, 1000) NO, (UC (I, NO), I = 1, 3)			IDESL115
160	CONTINUE			IDESL116

RETURN	IDESL117
C	IDESL118
C----- RESULTADOS NAO DISPONIVEIS.	IDESL119
C	IDESL120
170 CONTINUE	IDESL121
CALL WARN (1)	IDESL122
RETURN	IDESL123
C	IDESL124
C----- ERROS.	IDESL125
C	IDESL126
180 CALL ERRO (6)	IDESL127
RETURN	IDESL128
190 CALL ERRO (17)	IDESL129
RETURN	IDESL130
200 CALL ERRO (2)	IDESL131
RETURN	IDESL132
1000 FORMAT (I07, I4, 4X, 'UX ', G11.5,	IDESL133
- 4X, 'UY ', G11.5,	IDESL134
- 4X, 'UZ ', G11.5)	IDESL135
END	IDESL136

```

SUBROUTINE IFORC
-      (ICOD)
C
C-----
C
C               IMPRESSAO DAS FORCAS DE SUPERFICIE DO CONTOHO
C-----
C
C-----          PARAMETROS FORMAIS:
C
C      INTEGER
C      - ICOD              X CODIGO DO TIPO DE FORCA DE SUPERFICIE
C                          X   0 -> NAO ESPECIFICADO
C                          X   1 -> NODAL
C                          X   2 -> ELEMENTO
C
C-----          VARIAVEIS GLOBAIS:
C
C      LOGICAL
C      - FALSE
C      - LISTE
C
C      COMMON
C      - /ARQUI/ NAL, NAT
C      - /CONET/ NEL, NME, ICON (3, 1001)
C      - /COORD/ NNC
C      - /LISTA/ NNOS, LIST (1001)
C      - /REGIS/ RES, NES, ITIP (101), RLIS (101)
C      - /FORCA/ FN (3, 1001), FE (3, 3, 1001)
C      - /TITUL/ NLIN, NHLIN
C
C-----          VARIAVEIS LOCAIS:
C
C      LOGICAL
C      - LISTC             X INDICADOR DE LISTA COMPLETA
C
C      INTEGER
C      - I,                X INDICE GERAL
C      - J,                X INDICE GERAL
C      - K,                X INDICE GERAL
C      - NE,               X NUMERO DE ELEMENTO
C      - NG                X NUMERO DE NO
C
C      REAL
C      - CABEI (6, 2),     X MATRIZ DO CADECALHO 1
C      - CADE2 (6, 2)      X MATRIZ DO CADECALHO 2
C
C      DATA
C      - CABEI / *FORCAS DE SUPERFICIE NODAIS *,
C      -       *NO        FORCAS                      */
C      - CABE2 / *FORCAS DE SUPERFICIE NOS ELEMENTOS *,
C      -       *CEM.    NO        FORCAS                  */

```

C----- PROCEDIMENTOS.

```

C
LISTC = ICOD .NE. 0
IF (LISTC) GO TO 133
  IES = IES + 1
  IF (IES .GT. NES) GO TO 150
  IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 170
  ICOD = RLIS (IES)
  IF (ICOD .NE. 39) GO TO 160
  IES = IES + 1
  IF (IES .GT. NES) GO TO 150
  IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 170
  ICOD = RLIS (IES)
  IF (ICOD .NE. 40) GO TO 160
  IES = IES + 1
  IF (IES .GT. NES) GO TO 150
  IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 170
  ICOD = RLIS (IES) - 17
100 CONTINUE
  NLIN = NMLIN
  GO TO (113, 133) ICOD
  GO TO 160

```

C----- IMPRESSAO DAS FORÇAS DE SUPERFICIE NODAIS.

```

C
113 CONTINUE
  IF (LIST2 (NNO, LISTC)) RETURN
  DO 120 J = 1, NNDS
    NO = LIST (J)
    IF (NO .GT. NNO) RETURN
    IF (.FALSE. (NO, 8)) GO TO 121
    CALL PAGIN (1, .FALSE., CABE1, 5, 2)
    WRITE (NAT, 1000) NO, (FN (I, NO), I = 1, 3)
120 CONTINUE
  RETURN

```

C----- IMPRESSAO DAS FORÇAS DE SUPERFICIE NOS ELEMENTOS.

```

C
133 CONTINUE
  IF (LIST2 (NEL, LISTC)) RETURN
  DO 140 K = 1, NNDS
    NE = LIST (K)
    IF (NE .GT. NEL) RETURN
    IF (.FALSE. (NE, 11)) GO TO 140
    CALL PAGIN (3, .FALSE., CABE2, 6, 2)
    WRITE (NAT, 1100) NE, (ICOD (J, NE),
      - (FS (1, J, NE), I = 1, 3), J = 1, 3)
140 CONTINUE
  RETURN

```

C----- ERROS.

```

C
150 CALL ERRO (6)
  RETURN
160 CALL ERRO (17)
  RETURN
170 CALL ERRO (2)
  RETURN

```

IFORC059  
 IFORC060  
 IFORC061  
 IFORC062  
 IFORC063  
 IFORC064  
 IFORC065  
 IFORC066  
 IFORC067  
 IFORC068  
 IFORC069  
 IFORC070  
 IFORC071  
 IFORC072  
 IFORC073  
 IFORC074  
 IFORC075  
 IFORC076  
 IFORC077  
 IFORC078  
 IFORC079  
 IFORC080  
 IFORC081  
 IFORC082  
 IFORC083  
 IFORC084  
 IFORC085  
 IFORC086  
 IFORC087  
 IFORC088  
 IFORC089  
 IFORC090  
 IFORC091  
 IFORC092  
 IFORC093  
 IFORC094  
 IFORC095  
 IFORC096  
 IFORC097  
 IFORC098  
 IFORC099  
 IFORC100  
 IFORC101  
 IFORC102  
 IFORC103  
 IFORC104  
 IFORC105  
 IFORC106  
 IFORC107  
 IFORC108  
 IFORC109  
 IFORC110  
 IFORC111  
 IFORC112  
 IFORC113  
 IFORC114  
 IFORC115  
 IFORC116

1000	FORMAT (I07, I4, 4X, 'FX ', G11.5,	IFORC117
-	4X, 'FY ', G11.5,	IFORC118
-	4X, 'FZ ', G11.5)	IFORC119
1100	FORMAT (I07, I4, 4X, I4, 4X, 'FX ', G11.5,	IFORC120
-	4X, 'FY ', G11.5,	IFORC121
-	4X, 'FZ ', G11.5, /,	IFORC122
-	I15, I4, 4X, 'FX ', G11.5,	IFORC123
-	4X, 'FY ', G11.5,	IFORC124
-	4X, 'FZ ', G11.5, /,	IFORC125
-	I15, I4, 4X, 'FX ', G11.5,	IFORC126
-	4X, 'FY ', G11.5,	IFORC127
-	4X, 'FZ ', G11.5)	IFORC128
END		IFORC129

SUBROUTINE IGRAD	IGRAD001
- (LISTC)	IGRAD002
C	IGRAD003
C-----	IGRAD004
C	IGRAD005
C IMPRESSAO DOS GRADIENTES DE TEMPERATURA DOS ELEMENTOS	IGRAD006
C	IGRAD007
C-----	IGRAD008
C	IGRAD009
C	IGRAD010
C----- PARAMETROS FORMAIS:	IGRAD011
C	IGRAD012
LOGICAL	IGRAD013
- LISTC	IGRAD014
2 INDICADOR DE LISTA COMPLETA	IGRAD015
C	IGRAD016
C----- VARIAVEIS GLOBAIS:	IGRAD017
C	IGRAD018
LOGICAL	IGRAD019
- EXTPY,	IGRAD020
- FALSE,	IGRAD021
- LIST2	IGRAD022
C	IGRAD023
COMMON	IGRAD024
- /ARQUI/ NAL, NAI	IGRAD025
- /CONET/ NEL, NME, ICON (3, 1001)	IGRAD026
- /LISTA/ NNOS, LIST (1001)	IGRAD027
- /TEMPE/ EXTPY, CO, TEMPC (1001), GRAD (3, 1001)	IGRAD028
- /TITUL/ NMLN, NMLIN	IGRAD029
C	IGRAD030
C	IGRAD031
C----- VARIAVEIS LOCAIS:	IGRAD032
C	IGRAD033
INTEGER	IGRAD034
- I,	2 INDICE GERAL
- NE	2 NUMERO DE ELEMENTO
C	IGRAD037
REAL	IGRAD038
- CABEC (7, 2)	2 MATRIZ DO CABECALHO
C	IGRAD040
DATA	IGRAD041
- CABEC / *GRADIENTE DE TEMPERATURA DOS ELEMENTOS	IGRAD042
- *ELEM. NO *GRADIENTE	IGRAD043
C	IGRAD044
C	IGRAD045
C----- PROCEDIMENTOS.	IGRAD046
C	IGRAD047
IF (LIST2 (NEL, LISTC)) RETURN	IGRAD048
NMLN = NMLIN	IGRAD049
DO 100 I = 1, NNOS	IGRAD050
NE = LIST (I)	IGRAD051
IF (NE .GT. NEL) RETURN	IGRAD052
IF (FALSE (NE, 11)) GO TO 100	IGRAD053
CALL PAGIN (3, .FALSE., CABEC, 7, 2)	IGRAD054
WRITE (NAT, 1000) NE, (ICON (J, NE), GRAD (J, NE), J = 1, 3)	IGRAD055
100 CONTINUE	IGRAD056
RETURN	IGRAD057
1000 FORMAT (F07.14, 4X, 14, 4X, G11.5, /)	IGRAD058

- (15, 14, 4X, G11.5, 7,  
- (15, 14, 4X, G11.5)  
END

IGRAD059

IGRAD060

IGRAD061



SUBROUTINE IMATR	IMATR001
- (N, M, A, C)	IMATR002
C	IMATR003
C-----	IMATR004
C	IMATR005
C IMPRESSAO DA MATRIZ DO SISTEMA	IMATR006
C	IMATR007
C-----	IMATR008
C	IMATR009
C	IMATR010
C----- VARIAVEIS GLOBAIS:	IMATR011
C	IMATR012
COMMON	IMATR013
- /ARQUI/ NAL, NAI	IMATR014
- /TITUL/ NLIN, NMLIN	IMATR015
C	IMATR016
C	IMATR017
C----- PARAMETROS FORMAIS:	IMATR018
C	IMATR019
INTEGER	IMATR020
- N,	X NUMERO DE LINHAS DA MATRIZ DO SISTEMA
- M	X NUMERO DE COLUNAS DA MATRIZ DOS TERMOS
-	X INDEPENDENTES
C	IMATR024
REAL	IMATR025
- A (N, N),	X MATRIZ DO SISTEMA
- C (N, M)	X MATRIZ DOS TERMOS INDEPENDENTES
C	IMATR028
C	IMATR029
C----- VARIAVEIS LOCAIS:	IMATR030
C	IMATR031
INTEGER	IMATR032
- I,	X INDICE DE LINHA
- J	X INDICE DE COLUNA
C	IMATR035
REAL	IMATR036
- CABEC (5, 2)	X CABECALHO
C	IMATR037
DATA	IMATR038
- CABEC / 'MATRIZ DO SISTEMA (AUMENTADA) ',	IMATR039
- 'LINHA ELEMENTOS' //	IMATR040
C	IMATR041
C	IMATR042
C	IMATR043
C----- PROCEDIMENTOS.	IMATR044
C	IMATR045
CALL PAGIN (NMLIN+1, .TRUE., CABEC, 5, 2)	IMATR046
DO 100 I = 1, N	IMATR047
WRITE (NAI, 1000) I, (A (I, J), J = 1, N), (C (I, J), J = 1, M)	IMATR048
100 CONTINUE	IMATR049
RETURN	IMATR050
1000 FORMAT (I37, I4, A300(11, 9(3X, G10.4)))	IMATR051
END	IMATR052

SUBROUTINE IMPRI	IMPRI001
C	IMPRI002
C-----	IMPRI003
C	IMPRI004
C	IMPRI005
C	IMPRI006
C-----	IMPRI007
C	IMPRI008
C	IMPRI009
C-----	IMPRI010
C	IMPRI011
LOGICAL	IMPRI012
- IMPR,	IMPRI013
- RESUL	IMPRI014
C	IMPRI015
COMMON	IMPRI016
- /ESTAT/ RESUL, IMPR	IMPRI017
- /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101)	IMPRI018
C	IMPRI019
C	IMPRI020
C-----	IMPRI021
C	IMPRI022
INTEGER	IMPRI023
- ICOD	IMPRI024
	IMPRI025
C	IMPRI026
C-----	IMPRI027
C	IMPRI028
IF (IES .GT. NES) GO TO 260	IMPRI029
100 CONTINUE	IMPRI030
IES = IES + 1	IMPRI031
110 CONTINUE	IMPRI032
IF (IES .GT. NES) RETURN	IMPRI033
IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 280	IMPRI034
ICOD = RLIS (IES)	IMPRI035
GO TO (270, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 270, 270, 270,	IMPRI036
- 180, 190, 200, 210, 270, 270, 270, 270, 270, 270,	IMPRI037
- 230, 270, 270, 270, 270, 270, 270, 270, 270, 270,	IMPRI038
- 270, 270, 270, 270, 270, 270, 270, 240, 270, 270,	IMPRI039
- 270, 270, 270, 270, 270, 270, 270, 270, 270, 270,	IMPRI040
- 270, 250) ICOD	IMPRI041
GO TO 270	IMPRI042
120 CALL ICODR (0)	IMPRI043
GO TO 110	IMPRI044
130 CALL ICONE (.FALSE.)	IMPRI045
GO TO 110	IMPRI046
140 CALL ICONS	IMPRI047
GO TO 100	IMPRI048
150 CALL IREST (.FALSE.)	IMPRI049
GO TO 110	IMPRI050
160 CALL IDESL (0)	IMPRI051
GO TO 110	IMPRI052
170 CALL LICAR (.TRUE.)	IMPRI053
GO TO 100	IMPRI054
180 CALL IFORC (0)	IMPRI055
GO TO 110	IMPRI056
190 CALL ITENP (0)	IMPRI057
GO TO 110	IMPRI058

```

200 CALL IGRAD (.FALSE.)
    GO TO 110
210 CALL IPESD
    GO TO 100
220 CALL IDA90
    GO TO 100
230 CALL IRESU
    GO TO 100
240 CALL ITENS (3)
    GO TO 110
250 INPM = .TRUE.
    GO TO 100

```

C

C----- ERROS.

C

```

260 CALL ERRO (6)
    RETURN
270 CALL ERRO (17)
    RETURN
280 CALL ERRO (2)
    RETURN
    END

```

```

IMPRI059
IMPRI060
IMPRI061
IMPRI062
IMPRI063
IMPRI064
IMPRI065
IMPRI066
IMPRI067
IMPRI068
IMPRI069
IMPRI070
IMPRI071
IMPRI072
IMPRI073
IMPRI074
IMPRI075
IMPRI076
IMPRI077
IMPRI078
IMPRI079
IMPRI080

```

SUBROUTINE INCOG	INCOG001
C	INCOG002
C-----	INCOG003
C	INCOG004
C	DETERMINACAO DAS INCOGNITAS
C	INCOG005
C	INCOG006
C-----	INCOG007
C	INCOG008
C	INCOG009
C-----	INCOG010
C	INCOG011
LOGICAL	INCOG012
- FALSE	INCOG013
C	INCOG014
COMMON	INCOG015
- /CONET/ NEL, NME, ICON (3, 1001)	INCOG016
- /COORD/ NNC	INCOG017
- /INCOG/ NI, NMI, NO, NDP, NOI, NFI	INCOG018
C	INCOG019
C	INCOG020
C-----	INCOG021
C	INCOG022
INTEGER	INCOG023
- I,	X INDICE DE DIRECAO
- I3,	X INDICE AUXILIAR
- L,	X INDICE DE NO DE ELEMENTO
- NE,	X NUMERO DE ELEMENTO
- NO	X NUMERO DE NO
C	INCOG029
C	INCOG030
C-----	INCOG031
C	INCOG032
C	CALCULO DO NUMERO DE DESLOCAMENTOS PRESCRITOS.
C	INCOG033
C	INCOG034
NDP = 3	INCOG035
DO 110 NO = 1, NNC	INCOG036
DO 100 I = 1, 3	INCOG037
IF (FALSE (NO, I)) GO TO 100	INCOG038
NDP = NDP + 1	INCOG039
100 CONTINUE	INCOG040
110 CONTINUE	INCOG041
C	INCOG042
C-----	INCOG043
C	INCOG044
NOI = NO - NDP	INCOG045
C	INCOG046
C-----	INCOG047
C	INCOG048
NFI = NDP	INCOG049
C	INCOG050
C-----	INCOG051
C	INCOG052
NI = NOI + NFI	INCOG053
C	INCOG054
C-----	INCOG055
C	INCOG056
DO 140 NE = 1, NEL	INCOG057
DO 130 I = 1, 3	INCOG058

IS = I + 3	INCOG059
DO 120 L = 1, 3	INCOG060
NO = ICON (L, NE)	INCOG061
IF (FALSE (NO, 1)) GO TO 130	INCOG062
120 CONTINUE	INCOG063
C	INCOG064
C----- ELEMENTO RESTRITO NA DIRECAO I.	INCOG065
C	INCOG066
CALL BITON (NE, 13)	INCOG067
130 CONTINUE	INCOG068
140 CONTINUE	INCOG069
RETURN	INCOG070
END	INCOG071

```

SUBROUTINE INICI                                INICIO001
C                                                INICIO002
C-----INICIO003
C                                                INICIO004
C          INICIALIZACOES                      INICIO005
C                                                INICIO006
C-----INICIO007
C                                                INICIO008
C                                                INICIO009
C-----VARIAVEIS GLOBAIS:                      INICIO010
C                                                INICIO011
C          LOGICAL                            INICIO012
C          - EXPES,                          INICIO013
C          - EXIPT,                          INICIO014
C          - IMPH,                           INICIO015
C          - NROT,                           INICIO016
C          - RESUL,                          INICIO017
C                                                INICIO018
C          COMMON                             INICIO019
C          - /CARRE/ NCA, NCC, NMCC, RNCA (12), RNOMC (12, 1) INICIO020
C          - /CONET/ NEL, NME, ICON (3, 1001) INICIO021
C          - /CONST/ E, CP, PE, COL, NPICG, NPICE, NPII INICIO022
C          - /COBRO/ NNC, NMNC, XC (3, 1001) INICIO023
C          - /DESLO/ UC (3, 1001) INICIO024
C          - /ESTAT/ RESUL, IMPH, NRL, NER, TEMPD (4) INICIO025
C          - /FORCA/ FN (3, 1001), FE (3, 3, 1001) INICIO026
C          - /INTER/ NNI, NMNI, XI (3, 1001) INICIO027
C          - /LOGIC/ IBIT (1001) INICIO028
C          - /PESOP/ EXPES INICIO029
C          - /SISTE/ NROT, XO, YO, ZO INICIO030
C          - /TEMPE/ EXIPT, CO, TEMPC (1001), GRAD (3, 1001), TEMPI (1001) INICIO031
C          - /TITUL/ NLIN, NMLIN, RNOME (12, 3) INICIO032
C                                                INICIO033
C                                                INICIO034
C-----VARIAVEIS LOCAIS:                      INICIO035
C                                                INICIO036
C          INTEGER                            INICIO037
C          - I,                               I INDICE GERAL INICIO038
C          - NE,                               I NUMERO DE ELEMENTO INICIO039
C          - NO,                               I NUMERO DE NO INICIO040
C                                                INICIO041
C                                                INICIO042
C-----PROCEDIMENTOS.                        INICIO043
C                                                INICIO044
C          WRITE (RNCA) (' ', I = 1, 12) INICIO045
C          WRITE (RNOMC) (' ', I = 1, 12) INICIO046
C          DO 120 NE = 1, NEL INICIO047
C            DO 110 NO = 1, 3 INICIO048
C              GRAD (NO, NE) = 0. INICIO049
C              DO 100 I = 1, 3 INICIO050
C                FE (I, NO, NE) = 0. INICIO051
C          100 CONTINUE INICIO052
C          110 CONTINUE INICIO053
C          120 CONTINUE INICIO054
C          DO 140 NO = 1, NNC INICIO055
C            TEMPC (NO) = 0 INICIO056
C            DO 130 I = 1, 3 INICIO057
C              UC (I, NO) = 0. INICIO058

```

FN (I, NO) = 0.	INICI059
130 CONTINUE	INICI060
140 CONTINUE	INICI061
DO 150 NO = -1, NNI	INICI062
TEMPI (NO) = 0.	INICI063
150 CONTINUE	INICI064
NO = MAX0 (NMC, NNI, NEL)	INICI065
DO 160 I = 1, NO	INICI066
IBIT (I) = 0	INICI067
160 CONTINUE	INICI068
NCA = 1	INICI069
NCC = 0	INICI070
NEL = 0	INICI071
NMC = 0	INICI072
NNI = 0	INICI073
NER = 0	INICI074
E = 1.	INICI075
CP = 0.	INICI076
RE = 1.	INICI077
COL = 1.	INICI078
X0 = 0.	INICI079
Y0 = 0.	INICI080
Z0 = 0.	INICI081
E0 = 0.	INICI082
NPICG = 12	INICI083
NPICE = 0	INICI084
NPIL = 12	INICI085
EXPES = .FALSE.	INICI086
EXTPT = .FALSE.	INICI087
NRGT = .TRUE.	INICI088
IMPM = .FALSE.	INICI089
RESUL = .FALSE.	INICI090
RETURN	INICI091
END	INICI092

```

SUBROUTINE IPESO                                IPES0001
C                                                IPES0002
C----- IPES0003
C                                                IPES0004
C                IMPRESSAO DO VETOR DO CAMPO GRAVITACIONAL IPES0005
C                                                IPES0006
C----- IPES0007
C                                                IPES0008
C                                                IPES0009
C----- VARIAVEIS GLOBAIS: IPES0010
C                                                IPES0011
C    LOGICAL IPES0012
C    - EXPES IPES0013
C                                                IPES0014
C    COMMON IPES0015
C    - /ARQUI/ NAL, NAI IPES0016
C    - /PESOP/ EXPES, AG (3) IPES0017
C                                                IPES0018
C                                                IPES0019
C----- VARIAVEIS LOCAIS: IPES0020
C                                                IPES0021
C    REAL IPES0022
C    - CABEC (3, 1) X MATRIZ DO CABECALHO IPES0023
C                                                IPES0024
C    DATA IPES0025
C    - CABEC / 'COMPONENTES DO VETOR DO CAMPO GRAVITACIONAL' / IPES0026
C                                                IPES0027
C                                                IPES0028
C----- PROCEDIMENTOS. IPES0029
C                                                IPES0030
C    CALL PAGIN (100000), .FALSE., CABEC, 8, 1) IPES0031
C    ARITE (NAI, 1000) AG IPES0032
C    RETURN IPES0033
1000 FORMAT (T07, 'X ', G11.5, ' ' Y ', G11.5, ' ' Z ', G11.5) IPES0034
END IPES0035

```



```

SUBROUTINE IREST                                     IREST001
- (LISTC)                                           IREST002
C                                                    IREST003
C-----IREST004
C                                                    IREST005
C                IMPRESSAO DAS RESTRICOES NODAIS    IREST006
C                                                    IREST007
C-----IREST008
C                                                    IREST009
C                                                    IREST010
C-----PARAMETROS FORMAIS:                         IREST011
C                                                    IREST012
C                LOGICAL                           IREST013
- LISTC                X INDICADOR DE LISTA COMPLETA IREST014
C                                                    IREST015
C                                                    IREST016
C-----VARIAVEIS GLOBAIS:                          IREST017
C                                                    IREST018
C                LOGICAL                           IREST019
- FALSE,               IREST020
- LIST2                IREST021
C                                                    IREST022
C                COMMON                             IREST023
- /ARQUI/ NAL, NAI     IREST024
- /COORD/ NNC          IREST025
- /LISTA/ NNOS, LIST (1001) IREST026
- /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101) IREST027
- /TITUL/ NLIN, NNLIN  IREST028
C                                                    IREST029
C                                                    IREST030
C-----VARIAVEIS LOCAIS:                           IREST031
C                                                    IREST032
C                INTEGER                           IREST033
- I,                   X INDICE GERAL               IREST034
- I1,                  X INDICE AUXILIAR            IREST035
- I2,                  X INDICE AUXILIAR            IREST036
- I3,                  X INDICE AUXILIAR            IREST037
- ICOD,                X CODIGO DE COMANDO          IREST038
- NO                   X NUMERO DE NO              IREST039
C                                                    IREST040
C                REAL                               IREST041
- CABEC (5, 2),        X MATRIZ DO CABECALHO       IREST042
- DIRE (2, 3)          X DIRECOES DE DESLOCAMENTOS IREST043
C                                                    IREST044
C                DATA                              IREST045
- CABEC / *RESTRICOES NODAIS *,                    IREST046
-      *NO      DIRECOES RESTRITAS * //,            IREST047
- DIRE / *X*, ' ', *Y*, ' ', *Z*, ' ' /            IREST048
C                                                    IREST049
C                                                    IREST050
C-----PROCEDIMENTOS.                              IREST051
C                                                    IREST052
IF (LISTC) GO TO 100 IREST053
  IES = IES + 1 IREST054
  IF (IES .GT. NES) GO TO 100 IREST055
  ICOD = RLIS (IES) IREST056
  IF (ITIP (IES) .EQ. 1 .AND. ICOD .EQ. 14) GO TO 100 IREST057
  IES = IES + 1 IREST058

```

100	CONTINUE	IREST059
	IF (LIST2 (NMC, LISTC)) RETURN	IREST060
	NLIN = NMLIN	IREST061
	DO 170 I = 1, NNOS	IREST062
	NO = LIST (I)	IREST063
	IF (NO .GT. NMC) RETURN	IREST064
	IF (FALSE (NO, 7)) GO TO 170	IREST065
	CALL PAGIN (1, .TRUE., CABEC, 5, 2)	IREST066
	IF (FALSE (NO, 1)) GO TO 110	IREST067
	I1 = 1	IREST068
	GO TO 120	IREST069
110	CONTINUE	IREST070
	I1 = 2	IREST071
120	CONTINUE	IREST072
	IF (FALSE (NO, 2)) GO TO 130	IREST073
	I2 = 1	IREST074
	GO TO 140	IREST075
130	CONTINUE	IREST076
	I2 = 2	IREST077
140	CONTINUE	IREST078
	IF (FALSE (NO, 3)) GO TO 150	IREST079
	I3 = 1	IREST080
	GO TO 150	IREST081
150	CONTINUE	IREST082
	I3 = 2	IREST083
160	CONTINUE	IREST084
	WRITE (NAT, 1009) NO, DIRE (I1, 1), DIRE (I2, 2), DIRE (I3, 3)	IREST085
170	CONTINUE	IREST086
	RETURN	IREST087
1000	FORMAT (107, 14, 1X, 3 (3X, A1))	IREST088
	END	IREST089

SUBROUTINE IRESU	IRESU001
C	IRESU002
C-----	IRESU003
C	IRESU004
C          IMPRESSAO DOS RESULTADOS	IRESU005
C	IRESU006
C-----	IRESU007
C	IRESU008
C	IRESU009
C-----          VARIAVEIS GLOBAIS:	IRESU010
C	IRESU011
LOGICAL	IRESU012
-  RESUL	IRESU013
C	IRESU014
COMMON	IRESU015
-  /CARRE/ NCA, NCC, NMCC, RNCA (12), RNMC (12, 1)	IRESU016
-  /ESTAT/ RESUL	IRESU017
C	IRESU018
C	IRESU019
C-----          PROCEDIMENTOS.	IRESU020
C	IRESU021
IF (RESUL) GO TO 100	IRESU022
CALL XARN (1)	IRESU023
RETURN	IRESU024
100 CONTINUE	IRESU025
CALL IDESL (1)	IRESU026
CALL IDESL (2)	IRESU027
CALL IFURC (2)	IRESU028
CALL ITENS (3)	IRESU029
CALL ITENS (2)	IRESU030
CALL ITENS (1)	IRESU031
RETURN	IRESU032
END	IRESU033

```

SUBROUTINE ITEMP                                ITEMP001
  (ICOD)                                         ITEMP002
C                                               ITEMP003
C----- ITEMP004
C                                               ITEMP005
C               IMPRESSAO DAS TEMPERATURAS NODAIS ITEMP006
C                                               ITEMP007
C----- ITEMP008
C                                               ITEMP009
C                                               ITEMP010
C----- PARÂMETROS FORMAIS: ITEMP011
C                                               ITEMP012
C               INTEGER ITEMP013
C               - ICOD               % CODIGO DO TIPO DE TEMPERATURA ITEMP014
C                                   % 0 -> NAO ESPECIFICADO ITEMP015
C                                   % 1 -> CONTOURNO ITEMP016
C                                   % 2 -> INTERIOR ITEMP017
C                                               ITEMP018
C                                               ITEMP019
C----- VARIÁVEIS GLOBAIS: ITEMP020
C                                               ITEMP021
C               LOGICAL ITEMP022
C               - EXIPT, ITEMP023
C               - FALSE, ITEMP024
C               - LIST2 ITEMP025
C                                               ITEMP026
C               COMMON ITEMP027
C               - /ARGUI/ NAL, NAI ITEMP028
C               - /COORD/ NNC ITEMP029
C               - /INTER/ NNI ITEMP030
C               - /LISTA/ NNOS, LIST (1001) ITEMP031
C               - /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101) ITEMP032
C               - /TEMPE/ EXIPT, CO, TEMPC (1001), GRAD (3, 1001), TEMPI (1001) ITEMP033
C               - /TITUL/ NLIN, NMLIN ITEMP034
C                                               ITEMP035
C                                               ITEMP036
C----- VARIÁVEIS LOCAIS: ITEMP037
C                                               ITEMP038
C               LOGICAL ITEMP039
C               - LISTC               % INDICADOR DE LISTA COMPLETA ITEMP040
C                                               ITEMP041
C               INTEGER ITEMP042
C               - J,               % INDICE GERAL ITEMP043
C               - NO               % NUMERO DE NO ITEMP044
C                                               ITEMP045
C               REAL ITEMP046
C               - CABEC (7, 2)       % MATRIZ DO CABECALHO ITEMP047
C                                               ITEMP048
C               DATA ITEMP049
C               - CABEC / 'TEMPERATURAS NODAIS PONTOS DO ' ITEMP050
C               - 'NO TEMPERATURA ' / ITEMP051
C                                               ITEMP052
C                                               ITEMP053
C----- PROCEDIMENTOS. ITEMP054
C                                               ITEMP055
C               LISTC = ICOD .NE. 0 ITEMP056
C               IF (LISTC) GO TO 100 ITEMP057
C               IES = IES + 1 ITEMP058

```

IF (IES .GT. NES) GO TO 150	ITEMP059
IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 170	ITEMP060
ICOD = RLIS (IES) - 14	ITEMP061
130 CONTINUE	ITEMP062
NLIN = NMLIN	ITEMP063
GO TO (110, 130) ICOD	ITEMP064
GO TO 160	ITEMP065
C	ITEMP066
C----- PONTOS DO CONTOURO.	ITEMP067
C	ITEMP068
110 CONTINUE	ITEMP069
CABEC (6, 1) = 'CONFOR'	ITEMP070
CABEC (7, 1) = 'NO'	ITEMP071
IF (LIST2 (NMC, LISTC)) RETURN	ITEMP072
DO 120 J = 1, NNDS	ITEMP073
NO = LIST (J)	ITEMP074
IF (NO .GT. NMC) RETURN	ITEMP075
IF (FALSE (NO, 8)) GO TO 120	ITEMP076
CALL PAGIN (1, .TRUE., CABEC, 7, 2)	ITEMP077
WRITE (NAI, 1000) NO, TEMPC (NO)	ITEMP078
120 CONTINUE	ITEMP079
RETURN	ITEMP080
C	ITEMP081
C----- PONTOS DO INTERIOR	ITEMP082
C	ITEMP083
130 CONTINUE	ITEMP084
CABEC (6, 1) = 'INTERI'	ITEMP085
CABEC (7, 1) = 'OR'	ITEMP086
IF (LIST2 (NMI, LISTC)) RETURN	ITEMP087
DO 140 J = 1, NNDS	ITEMP088
NO = LIST (J)	ITEMP089
IF (NO .GT. NMI) RETURN	ITEMP090
IF (FALSE (NO, 9)) GO TO 140	ITEMP091
CALL PAGIN (1, .TRUE., CABEC, 7, 2)	ITEMP092
WRITE (NAI, 1000) NO, TEMPI (NO)	ITEMP093
140 CONTINUE	ITEMP094
RETURN	ITEMP095
C	ITEMP096
C----- ERROS.	ITEMP097
C	ITEMP098
150 CALL ERRO (6)	ITEMP099
RETURN	ITEMP100
160 CALL ERRO (17)	ITEMP101
RETURN	ITEMP102
170 CALL ERRO (2)	ITEMP103
RETURN	ITEMP104
1000 FORMAT (I07, I4, 4X, G11.5)	ITEMP105
END	ITEMP106

SUBROUTINE ITENS		ITENS001
- (ICOD)		ITENS002
C		ITENS003
C-----		ITENS004
C		ITENS005
C	IMPRESSAO DAS TENSOES NODAIS	ITENS006
C		ITENS007
C-----		ITENS008
C		ITENS009
C		ITENS010
C-----	VARIAVEIS GLOBAIS:	ITENS011
C		ITENS012
	LOGICAL	ITENS013
-	FALSE,	ITENS014
-	IMPM,	ITENS015
-	LIST2,	ITENS016
-	RESUL	ITENS017
C		ITENS018
	COMMON	ITENS019
-	/ARQUI/ NAL, NAI, NAR, NAM, NADC, NADI, NAFS, NATE, NATI, NATN	ITENS020
-	/CONET/ NEL, NME, ICON (3, 1001)	ITENS021
-	/COORD/ NNC	ITENS022
-	/ESTAT/ RESUL, IMPM, NRL, NER, TEMPO (4)	ITENS023
-	/INTER/ NNI	ITENS024
-	/LISTA/ NNDS, LIST (1001)	ITENS025
-	/REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101)	ITENS026
-	/TITUL/ NLIN, NMLIN	ITENS027
C		ITENS028
C		ITENS029
C-----	PARAMETROS FORMAIS:	ITENS030
C		ITENS031
	INTEGER	ITENS032
-	ICOD	ITENS033
	Z CODIGO DO TIPO DE TENSOES	
	Z 0 -> NAO ESPECIFICADO	ITENS034
	Z 1 -> INTERIOR	ITENS035
	Z 2 -> CONTO RNO NODAIS MEDIAS	ITENS036
	Z 3 -> CONTO RNO NODAIS ELCMENTOS	ITENS037
C		ITENS038
C		ITENS039
C-----	VARIAVEIS LOCAIS:	ITENS040
C		ITENS041
	LOGICAL	ITENS042
-	LISTC	ITENS043
	Z INDICADOR DE LISTA COMPLETA	
C		ITENS044
	INTEGER	ITENS045
-	ELEM,	ITENS046
	Z NUMERO DE ELEMENTO	
-	J,	ITENS047
	Z INDICE GERAL	
-	L,	ITENS048
	Z INDICE GERAL	
-	NO	ITENS049
	Z NUMERO DE NO	
C		ITENS050
	REAL	ITENS051
-	CABE1 (11, 2),	ITENS052
	Z MATRIZ DO CABECALHO 1	
-	CABE2 (11, 2),	ITENS053
	Z MATRIZ DO CABECALHO 2	
-	CABE3 (11, 2),	ITENS054
	Z MATRIZ DO CABECALHO 3	
-	CON (9),	ITENS055
	Z COSENGS DIRETORES NODAIS	
-	CONE (9, 3),	ITENS056
	Z COSENGS DIRETORES NODAIS DE ELEMENTO	
-	TM (6),	ITENS057
	Z TENSOES NODAIS MEDIAS	
-	TNE (6, 3),	ITENS058
	Z TENSOES NODAIS DE ELEMENTO	

-	IPN (3).	X TENSÕES PRINCIPAIS NODAIS	ITENS059
-	IPNE (3, 3)	X TENSÕES PRINCIPAIS NODAIS DE ELEMENTO	ITENS060
C			ITENS061
	DATA		ITENS062
-	CABE1 / TENSÕES NODAIS - PONTOS DO INTERIOR		ITENS063
-	"		ITENS064
-	"NO TENSÕES / TENSÕES PRINCIPAIS / C"		ITENS065
-	"SENOIS DIRETORES "		ITENS066
-	CABE2 / TENSÕES NODAIS MEDIAS - PONTOS DO CONTOHNO		ITENS067
-	"		ITENS068
-	"NO TENSÕES / TENSÕES PRINCIPAIS / C"		ITENS069
-	"SENOIS DIRETORES "		ITENS070
-	CABE3 / TENSÕES NODAIS NOS ELEMENTOS		ITENS071
-	"		ITENS072
-	"ELEM. NO TENSÕES / TENSÕES PRINCIPAIS / C"		ITENS073
-	"SENOIS DIRETORES "		ITENS074
C			ITENS075
C			ITENS076
C-----	PROCEDIMENTOS.		ITENS077
C			ITENS078
	LISTC = ICOD .NE. 3		ITENS079
	IF (LISTC) GO TO 100		ITENS080
	IES = IES + 1		ITENS081
	IF (IES .GT. NES) GO TO 180		ITENS082
	IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 200		ITENS083
	ICOD = RLIS (IES) - 15		ITENS084
	IF (ICOD .EQ. 1) GO TO 100		ITENS085
	IF (ICOD .NE. 0) GO TO 190		ITENS086
	IES = IES + 1		ITENS087
	IF (IES .GT. NES) GO TO 180		ITENS088
	IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 200		ITENS089
	ICOD = RLIS (IES) - 16		ITENS090
	IF (ICOD .NE. 2 .AND. ICOD .NE. 3) GO TO 190		ITENS091
	100 CONTINUE		ITENS092
	NLIN = NNLIN		ITENS093
	GO TO (110, 130, 150) ICOD		ITENS094
C			ITENS095
C-----	PONTOS DO INTERIOR		ITENS096
C			ITENS097
	110 CONTINUE		ITENS098
	IF (LIST2 (NNI, LISTC)) RETURN		ITENS099
	IF (.NOT. RESULT) GO TO 170		ITENS100
	DO 120 J = 1, NNOS		ITENS101
	NO = LIST (J)		ITENS102
	IF (NO .GT. NNI) RETURN		ITENS103
	IF (FALSE (NO, 9)) GO TO 120		ITENS104
	CALL PAGIN (5, .TRUE., CABE1, 11, 2)		ITENS105
	READ (NAT1, NO) IN, IPN, CON		ITENS106
	WRITE (NAT1, 1000) NO,		ITENS107
-	IN (1), IN (2), IN (3),		ITENS108
-	IN (4), IN (5), IN (6),		ITENS109
-	IPN (1), CON (1), CON (2), CON (3),		ITENS110
-	IPN (2), CON (4), CON (5), CON (6),		ITENS111
-	IPN (3), CON (7), CON (8), CON (9)		ITENS112
	120 CONTINUE		ITENS113
	RETURN		ITENS114
C			ITENS115
C-----	PONTOS DO CONTOHNO.		ITENS116

C	SENDOES.NODAIS MEDIAS.	ITENS117
C		ITENS118
	130 CONTINUE	ITENS119
	IF (LIST2 (NMC, LISTC)) RETURN	ITENS120
	IF (.NOT. RESUL) GO TO 170	ITENS121
	DO 140 J = 1, NNOS	ITENS122
	NO = LIST (J)	ITENS123
	IF (NO .GT. NYC) RETURN	ITENS124
	IF (FALSE (NO, 9)) GO TO 140	ITENS125
	CALL PAGIN (5, .TRUE., CABE2, 11, 2)	ITENS126
	READ (CATN, NO) TN, TPN, CON	ITENS127
	WRITE (NAT, 1000) NO.	ITENS128
	- TN (1), TN (2), TN (3),	ITENS129
	- TN (4), TN (5), TN (6),	ITENS130
	- TPN (1), CON (1), CON (2), CON (3),	ITENS131
	- TPN (2), CON (4), CON (5), CON (6),	ITENS132
	- TPN (3), CON (7), CON (8), CON (9)	ITENS133
	140 CONTINUE	ITENS134
	RETURN	ITENS135
C		ITENS136
C-----	PONTOS DO CONTOURNO.	ITENS137
C	SENDOES NODAIS DOS ELEMENTOS.	ITENS138
C		ITENS139
	150 CONTINUE	ITENS140
	IF (LIST2 (NEL, LISTC)) RETURN	ITENS141
	IF (.NOT. RESUL) GO TO 170	ITENS142
	DO 160 J = 1, NNOS	ITENS143
	ELEM = LIST (J)	ITENS144
	IF (ELEM .GT. NEL) RETURN	ITENS145
	IF (FALSE (ELEM, 11)) GO TO 160	ITENS146
	CALL PAGIN (15, .TRUE., CABE3, 11, 2)	ITENS147
	READ (NATE, ELEM) TNE, TPNE, CDNE	ITENS148
	WRITE (NAT, 1100) ELEM, (ICON (L, ELEM),	ITENS149
	- TNE (1, L), TNE (2, L), TNE (3, L),	ITENS150
	- TNE (4, L), TNE (5, L), TNE (6, L),	ITENS151
	- TPNE (1, L), CDNE (1, L), CDNE (2, L), CDNE (3, L),	ITENS152
	- TPNE (2, L), CDNE (4, L), CDNE (5, L), CDNE (6, L),	ITENS153
	- TPNE (3, L), CDNE (7, L), CDNE (8, L), CDNE (9, L),	ITENS154
	- L = 1, 3)	ITENS155
	160 CONTINUE	ITENS156
	RETURN	ITENS157
C		ITENS158
C-----	RESULTADOS NAO DISPONIVEIS.	ITENS159
C		ITENS160
	170 CONTINUE	ITENS161
	CALL WARN (1)	ITENS162
	RETURN	ITENS163
C		ITENS164
C-----	ERROS.	ITENS165
C		ITENS166
	180 CALL ERRO (6)	ITENS167
	RETURN	ITENS168
	190 CALL ERRO (17)	ITENS169
	RETURN	ITENS170
	200 CALL ERRO (2)	ITENS171
	RETURN	ITENS172
	1000 FORMAT (107, 14, 119, 4X, 'IXX ', G11.5,	ITENS173
	- 4X, 'IXY ', G11.5,	ITENS174



```

-          4X, 'TXZ ', G11.5, /,          ITENS175
-      I19, 4X, 'TYY ', G11.5,          ITENS176
-          4X, 'TYZ ', G11.5,          ITENS177
-          4X, 'TZZ ', G11.5, /,          ITENS178
-      I19, 4X, 'T1 ', G11.5,          ITENS179
-          4X, 'C1X ', F11.5,          ITENS180
-          4X, 'C1Y ', F11.5,          ITENS181
-          4X, 'C1Z ', F11.5, /,          ITENS182
-      I19, 4X, 'T2 ', G11.5,          ITENS183
-          4X, 'C2X ', F11.5,          ITENS184
-          4X, 'C2Y ', F11.5,          ITENS185
-          4X, 'C2Z ', F11.5, /,          ITENS186
-      I19, 4X, 'T3 ', G11.5,          ITENS187
-          4X, 'C3X ', F11.5,          ITENS188
-          4X, 'C3Y ', F11.5,          ITENS189
-          4X, 'C3Z ', F11.5,          ITENS190
1100 FORMAT (T37, I4, 3(T15, I4, 4X, 'TX ', G11.5,          ITENS191
-          4X, 'TXY ', G11.5,          ITENS192
-          4X, 'TXZ ', G11.5, /,          ITENS193
-      I19, 4X, 'TYY ', G11.5,          ITENS194
-          4X, 'TYZ ', G11.5,          ITENS195
-          4X, 'TZZ ', G11.5, /,          ITENS196
-      I19, 4X, 'T1 ', G11.5,          ITENS197
-          4X, 'C1X ', F11.5,          ITENS198
-          4X, 'C1Y ', F11.5,          ITENS199
-          4X, 'C1Z ', F11.5, /,          ITENS200
-      I19, 4X, 'T2 ', G11.5,          ITENS201
-          4X, 'C2X ', F11.5,          ITENS202
-          4X, 'C2Y ', F11.5,          ITENS203
-          4X, 'C2Z ', F11.5, /,          ITENS204
-      I19, 4X, 'T3 ', G11.5,          ITENS205
-          4X, 'C3X ', F11.5,          ITENS206
-          4X, 'C3Y ', F11.5,          ITENS207
-          4X, 'C3Z ', F11.5, /,          ITENS208
END                                          ITENS209

```

```

SUBROUTINE LCONE                                LCONE001
C                                                LCONE002
C-----LCONE003
C                                                LCONE004
C          LEITURA DA CONECTIVIDADE DOS ELEMENTOS      LCONE005
C-----LCONE006
C-----LCONE007
C                                                LCONE008
C                                                LCONE009
C-----VARIAVEIS GLOBAIS:                        LCONE010
C                                                LCONE011
C          LOGICAL                                       LCONE012
C          - LIST1                                       LCONE013
C                                                LCONE014
C          COMMON                                       LCONE015
C          - /CONET/ NEL, NME, ICON (3, 1001)          LCONE016
C          - /COORD/ NNC, NMNC                          LCONE017
C          - /LISTA/ NMOS, LIST (1001)                  LCONE018
C          - /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101)   LCONE019
C                                                LCONE020
C                                                LCONE021
C-----VARIAVEIS LOCAIS:                          LCONE022
C                                                LCONE023
C          INTEGER                                       LCONE024
C          - I,                                         X INDICE GERAL      LCONE025
C          - ICOD,                                     X INDICE AUXILIAR   LCONE026
C          - J,                                         X INDICE GERAL      LCONE027
C          - NUMNO (3),                               X NUMEROS DOS NOS LIOS LCONE028
C          - NE,                                       X NUMERO DE ELEMENTO LCONE029
C          - NO,                                       X NUMERO DE NO       LCONE030
C          - NOS,                                       X NUMERO DE NOS LIOS DO ELEMENTO LCONE031
C          - PASSO                                       X INCREMENTO DOS NOS LCONE032
C                                                LCONE033
C-----PROCEDIMENTOS.                              LCONE034
C                                                LCONE035
C          IF (IES .LT. NES) GO TO 140                  LCONE036
C                                                LCONE037
C-----CONECTIVIDADE SIMPLES.                      LCONE038
C-----LCONE039
C          100 CONTINUE                                LCONE040
C          CALL SCAN                                    LCONE041
C          IF (ITIP (IES) .EQ. 1 .OR. NES .EQ. 0) RETURN LCONE042
C          IF (ITIP (IES) .NE. 2) GO TO 240             LCONE043
C          NE = RLIS (IES)                              LCONE044
C          IF (NE .LT. 1) GO TO 210                     LCONE045
C          IF (NE .GT. NME) GO TO 220                   LCONE046
C          IF (NE .GT. NEL) NEL = NE                   LCONE047
C          NOS = 0                                       LCONE048
C          110 CONTINUE                                LCONE049
C          IES = IES + 1                                LCONE050
C          IF (IES .GT. NES) GO TO 120                  LCONE051
C          NOS = NOS + 1                                LCONE052
C          IF (NOS .GT. 3) GO TO 210                    LCONE053
C          IF (ITIP (IES) .NE. 2) GO TO 240             LCONE054
C          NO = RLIS (IES)                              LCONE055
C          IF (NO .LT. 1) GO TO 210                     LCONE056
C          IF (NO .GT. NMNC) GO TO 220                  LCONE057

```

IF (NO .GT. NNC) NNC = NO	LCONE059
NUMNO (NOS) = NO	LCONE060
GO TO 113	LCONE061
120 CONTINUE	LCONE062
IF (NOS .LT. 3) GO TO 240	LCONE063
CALL BITON (NE, 11)	LCONE064
DO 130 I = 1, 3	LCONE065
NO = NUMNO (I)	LCONE066
ICOD (I, NE) = NO	LCONE067
CALL BITON (NO, 13)	LCONE068
130 CONTINUE	LCONE069
GO TO 133	LCONE070
C	LCONE071
C----- CONECTIVIDADE MULTIPLA.	LCONE072
C	LCONE073
140 CONTINUE	LCONE074
IES = IES + 1	LCONE075
IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 310	LCONE076
ICOD = RLIS (IES)	LCONE077
IF (ICOD .NE. 53) GO TO 250	LCONE078
IES = IES + 1	LCONE079
IF (IES .LE. NES) GO TO 200	LCONE080
150 CONTINUE	LCONE081
IF (LIST1 (NEL)) RETURN	LCONE082
NOS = 3	LCONE083
IF (IES .GE. NES) GO TO 270	LCONE084
160 CONTINUE	LCONE085
IES = IES + 1	LCONE086
IF (IES .LE. NES) GO TO 165	LCONE087
IF (NOS .EQ. 3) GO TO 260	LCONE088
GO TO 270	LCONE089
165 CONTINUE	LCONE090
IF (ITIP (IES) .EQ. 1) GO TO 170	LCONE091
NOS = NOS + 1	LCONE092
IF (NOS .GT. 3) GO TO 260	LCONE093
IF (ITIP (IES) .NE. 2) GO TO 270	LCONE094
NO = RLIS (IES)	LCONE095
IF (NO .LT. 1) GO TO 280	LCONE096
IF (NO .GT. NMNC) GO TO 290	LCONE097
NUMNO (NOS) = NO	LCONE098
GO TO 160	LCONE099
170 CONTINUE	LCONE100
IF (NOS .LT. 3) GO TO 270	LCONE101
ICOD = RLIS (IES)	LCONE102
IF (ITIP (IES) .NE. 1 .OR. ICOD .NE. 51) GO TO 260	LCONE103
C	LCONE104
C----- OBTENCAO DO PASSO.	LCONE105
C	LCONE106
IES = IES + 1	LCONE107
IF (IES .GT. NES) GO TO 270	LCONE108
PASSO = RLIS (IES)	LCONE109
IES = IES + 1	LCONE110
IF (IES .LE. NES) GO TO 300	LCONE111
C	LCONE112
C----- 'LOOP' DA LISTA DE ELEMENTOS.	LCONE113
C	LCONE114
DO 170 J = 1, NMNS	LCONE115
NE = LIST (J)	LCONE116

IF (NE .GT. NME) GO TO 290	LCONE117
IF (NE .GT. NEL) NEL = NE	LCONE118
GO 180 I = 1, 3	LCONE119
NO = NUMNO (I)	LCONE120
NUMNO (I) = NUMNO (I) + PASSO	LCONE121
IF (NO .GT. NME) GO TO 290	LCONE122
IF (NO .GT. NNC) NNC = NO	LCONE123
ICON (I, NE) = NO	LCONE124
CALL BITON (NO, 10)	LCONE125
180 CONTINUE	LCONE126
CALL BITON (NE, 11)	LCONE127
190 CONTINUE	LCONE128
GO TO 150	LCONE129
200 CALL ERRO (5)	LCONE130
RETURN	LCONE131
210 CALL ERRO (21)	LCONE132
GO TO 100	LCONE133
220 CALL ERRO (13)	LCONE134
GO TO 100	LCONE135
230 CALL ERRO (35)	LCONE136
GO TO 100	LCONE137
240 CALL ERRO (24)	LCONE138
GO TO 100	LCONE139
250 CALL ERRO (17)	LCONE140
RETURN	LCONE141
260 CALL ERRO (36)	LCONE142
GO TO 150	LCONE143
270 CALL ERRO (24)	LCONE144
GO TO 150	LCONE145
280 CALL ERRO (21)	LCONE146
GO TO 150	LCONE147
290 CALL ERRO (13)	LCONE148
GO TO 150	LCONE149
300 CALL ERRO (35)	LCONE150
GO TO 150	LCONE151
310 CALL ERRO (2)	LCONE152
RETURN	LCONE153
END	LCONE154

SUBROUTINE LCONS	LCONS001
C	LCONS002
C-----	LCONS003
C	LCONS004
C	LCONS005
C	LCONS006
C-----	LCONS007
C	LCONS008
C	LCONS009
C-----	LCONS010
C	LCONS011
COMMON	LCONS012
- /CONST/ E, CP, PE, CDL, NPICG, NPICE, NPIT	LCONS013
- /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101)	LCONS014
C	LCONS015
C	LCONS016
C-----	LCONS017
C	LCONS018
LOGICAL	LCONS019
- CLID (6)                   X INDICA CONSTANTE LIDA	LCONS020
C	LCONS021
INTEGER	LCONS022
- I1,                       X INDICE AUXILIAR	LCONS023
- ICOD                    X CODIGO DE CONSTANTE LIDA	LCONS024
C	LCONS025
C-----	LCONS026
C	LCONS027
CLID (1) = .FALSE.	LCONS028
CLID (2) = .FALSE.	LCONS029
CLID (3) = .FALSE.	LCONS030
CLID (4) = .FALSE.	LCONS031
CLID (5) = .FALSE.	LCONS032
CLID (6) = .FALSE.	LCONS033
100 CONTINUE	LCONS034
IES = IES + 1	LCONS035
IF (IES .GT. NES) RETURN	LCONS036
IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 170	LCONS037
ICOD = RLIS (IES) - 40	LCONS038
IF (ICOD .LT. 1 .OR. ICOD .GT. 6) GO TO 170	LCONS039
IF (CLID (ICOD)) GO TO 210	LCONS040
CLID (ICOD) = .TRUE.	LCONS041
IES = IES + 1	LCONS042
IF (IES .GT. NES) GO TO 180	LCONS043
IF (ITIP (IES) .NE. 2 .AND. ITIP (IES) .NE. 3) GO TO 180	LCONS044
GO TO (110, 120, 130, 140, 150, 160) ICOD	LCONS045
C	LCONS046
C-----	LCONS047
C	LCONS048
C	LCONS049
110 CONTINUE	LCONS050
NPICG = RLIS (IES)	LCONS051
IF (NPICG .NE. 3 .AND. NPICG .NE. 6 .AND. NPICG .NE. 7 .AND.	LCONS052
- NPICG .NE. 12 .AND. NPICG .NE. 64) GO TO 220	LCONS053
I1 = IES + 1	LCONS054
IF (I1 .GT. NES) GO TO 100	LCONS055
IF (ITIP (I1) .NE. 2 .AND. ITIP (I1) .NE. 3) GO TO 100	LCONS056
IES = I1	LCONS057
NPICE = RLIS (IES)	LCONS058

```

IF (NPICE .NE. 3 .AND. NPICE .NE. 6 .AND. NPICE .NE. 7 .AND. LCONS059
-   NPICE .NE. 12 .AND. NPICE .NE. 64 .AND. NPICE .NE. 6) LCONS060
-   GO TO 220 LCONS061
GO TO 100 LCONS062
C LCONS063
C----- NUMERO DE PONTOS DE INTEGRACAO LCONS064
C PARA PONTOS DO INTERIOR (NPII). LCONS065
C LCONS066
120 CONTINUE LCONS067
NPII = RLIS (IES) LCONS068
IF (NPII .NE. 3 .AND. NPII .NE. 6 .AND. NPII .NE. 7 .AND. LCONS069
-   NPII .NE. 12 .AND. NPII .NE. 64) GO TO 220 LCONS070
GO TO 100 LCONS071
C LCONS072
C----- MODULO DE ELASTICIDADE (E). LCONS073
C LCONS074
130 CONTINUE LCONS075
E = RLIS (IES) LCONS076
IF (E .EQ. 0) GO TO 190 LCONS077
GO TO 100 LCONS078
C LCONS079
C----- COEFICIENTE DE POISSON (CP). LCONS080
C LCONS081
140 CONTINUE LCONS082
CP = RLIS (IES) LCONS083
IF (CP .LT. 0 .OR. CP .GE. 0.5) GO TO 200 LCONS084
GO TO 100 LCONS085
C LCONS086
C----- PESO ESPECIFICO (PE). LCONS087
C LCONS088
150 CONTINUE LCONS089
PE = RLIS (IES) LCONS090
GO TO 100 LCONS091
C LCONS092
C----- COEFICIENTE DE DILATAÇÃO LINEAR (COL). LCONS093
C LCONS094
160 CONTINUE LCONS095
COL = RLIS (IES) LCONS096
GO TO 100 LCONS097
C LCONS098
C----- ERROS. LCONS099
C LCONS100
170 CALL ERRO (37) LCONS101
RETURN LCONS102
180 CALL ERRO (23) LCONS103
RETURN LCONS104
190 CALL ERRO (15) LCONS105
RETURN LCONS106
200 CALL ERRO (16) LCONS107
RETURN LCONS108
210 CALL ERRO (38) LCONS109
RETURN LCONS110
220 CALL ERRO (14) LCONS111
RETURN LCONS112
END LCONS113

```

SUBROUTINE LCOOR		LC00R001
C		LC00R002
C	-----	LC00R003
C		LC00R004
C	LEITURA DAS COORDENADAS NOTAIS	LC00R005
C		LC00R006
C	-----	LC00R007
C		LC00R008
C		LC00R009
C	-----	LC00R010
C	VARIAVEIS GLOBAIS:	LC00R011
C	LOGICAL	LC00R012
	- LIST1.	LC00R013
	- NROT	LC00R014
C		LC00R015
	COMMON	LC00R016
	- /COORD/ NNC, NMNC, XC (3, 1001)	LC00R017
	- /INTER/ NNI, NMNI, XI (3, 1001)	LC00R018
	- /LISTA/ NNDS, LIST (1001)	LC00R019
	- /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101)	LC00R020
	- /SISIE/ NROT, XO, YO, ZO, RXX, RXY, RXZ, RYX, RYY, RYZ,	LC00R021
	- RZX, RZY, RZZ	LC00R022
C		LC00R023
C		LC00R024
C	-----	LC00R025
C	VARIAVEIS LOCAIS:	LC00R026
C	LOGICAL	LC00R027
	- COLID (3),	Z INDICA COORDENADA CONSTANTE LIOA
	- MULTI	X INDICA COORDENADAS MULTIPLAS
C		LC00R029
	INTEGER	LC00R030
	- I,	Z INDICE GERAL
	- J,	Z INDICE GERAL
	- IC,	Z INDICE DE COORDENADA CONSTANTE
	- I1,	Z INDICE DA PRIMEIRA COORDENADA
	- I2,	Z INDICE DA SEGUNDA COORDENADA
	- I3,	Z INDICE DA TERCEIRA COORDENADA
	- ICOD,	Z CODIGO DE COMANDO
	- NE,	Z NUMERO DE ELEMENTO
	- ESPE,	Z ESPECIFICACAO DE SISTEMA DE COORD.
	- ESPV (2, 5),	Z ESPECIFICACAO VALIDA DO SISTEMA
	- NCOOR,	X NUMERO DE COORDENADAS A SEREM LIDAS
	- NN,	X NUMERO DE NOS ATUAL
	- NMN,	X NUMERO MAXIMO DE NOS
	- ND,	X NUMERO DE ND
	- TIPO	X TIPO DE COORDENADA
C		LC00R047
	REAL	LC00R048
	- AUX (3),	Z VETOR AUXILIAR
	- COTE (3),	Z COORDENADAS CONSTANTES
	- PASSO (3),	Z PASSO DE COORDENADA MULTIPLA
	- PASS1,	Z PASSO DA PRIMEIRA COORDENADA
	- PASS2,	Z PASSO DA SEGUNDA COORDENADA
	- PASS3,	Z PASSO DA TERCEIRA COORDENADA
	- RAIO,	Z RAIO
	- RROT,	Z RAIO VEZES O COSENO DO ÂNGULO
	- X,	Z COORDENADA X DO SISTEMA BASICO
	- XL,	Z COORDENADA X DO SISTEMA ATUAL
		LC00R056
		LC00R057
		LC00R058

- Y,	Z COORDENADA Y DO SISTEMA BASICO	LC00R059
- YL,	Z COORDENADA Y DO SISTEMA ATUAL	LC00R060
- Z,	Z COORDENADA Z DO SISTEMA BASICO	LC00R061
- ZL	Z COORDENADA Z DO SISTEMA ATUAL	LC00R062
C		LC00R063
REAL=B		LC00R064
- ALFA,	Z ANGULO ALFA	LC00R065
- BETA,	Z ANGULO BETA	LC00R066
- GRAD	Z TRANSFORMA GRAUS EM RADIANDOS	LC00R067
C		LC00R068
DATA		LC00R069
- ESPV / 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 3, 2, 3, 3, 3 /,		LC00R070
- GRAD / 0.0174532925199432957692363 /		LC00R071
C		LC00R072
EQUIVALENCE		LC00R073
- (PASSO (1), PASS1), (PASSO (2), PASS2), (PASSO (3), PASS3)		LC00R074
C		LC00R075
C		LC00R076
C-----	PROCEDIMENTOS.	LC00R077
C		LC00R078
IES = IES + 1		LC00R079
IF (IES .GT. NES) GO TO 520		LC00R080
IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 480		LC00R081
ICOD = RLIS (IES)		LC00R082
MULTI = ICOD .EQ. 50		LC00R083
IF (.NOT. MULTI) GO TO 100		LC00R084
IES = IES + 1		LC00R085
IF (IES .GT. NES) GO TO 520		LC00R086
IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 480		LC00R087
100 CONTINUE		LC00R088
ESPC = 1		LC00R089
C		LC00R090
C-----	VERIFICA ESPECIFICACAO DE SISTEMA DE COORDENADAS.	LC00R091
C		LC00R092
TIPO = RLIS (IES) - 14		LC00R093
GO TO (120, 130, 530, 530, 530, 530, 530, 530, 530,		LC00R094
- 530, 110, 110, 110) TIPO		LC00R095
GO TO 530		LC00R096
110 CONTINUE		LC00R097
ESPC = RLIS (IES) - 25		LC00R098
IES = IES + 1		LC00R099
IF (IES .GT. NES) GO TO 520		LC00R100
IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 480		LC00R101
TIPO = RLIS (IES) - 14		LC00R102
GO TO (120, 130) TIPO		LC00R103
GO TO 530		LC00R104
C		LC00R105
C-----	CONTORNO.	LC00R106
C		LC00R107
120 CONTINUE		LC00R108
NN = NNC		LC00R109
NNN = NNNC		LC00R110
GO TO 140		LC00R111
C		LC00R112
C-----	INTERIOR.	LC00R113
C		LC00R114
130 CONTINUE		LC00R115
NN = NN1		LC00R116



NMN = NMNI	LC00R117
C	LC00R118
C----- INICIALIZACOES.	LC00R119
C	LC00R120
140 CONTINUE	LC00R121
I1 = 1	LC00R122
I2 = 2	LC00R123
I3 = 3	LC00R124
NCOR = 3	LC00R125
CCLID (1) = .FALSE.	LC00R126
CCLID (2) = .FALSE.	LC00R127
CCLID (3) = .FALSE.	LC00R128
COTE (1) = 0.	LC00R129
COTE (2) = 0.	LC00R130
COTE (3) = 0.	LC00R131
IES = IES + 1	LC00R132
IF (IES .GT. NES) GO TO 180	LC00R133
C	LC00R134
C----- LEITURA DAS COORDENADAS CONSTANTES.	LC00R135
C	LC00R136
150 CONTINUE	LC00R137
C	LC00R138
C----- VERIFICA SE E' COMANDO.	LC00R139
C	LC00R140
IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 480	LC00R141
C	LC00R142
C----- COMANDO.	LC00R143
C	LC00R144
ICOD = RLIS (IES) - 28	LC00R145
IF (ICOD .LT. 0 .OR. ICOD .GT. 6) GO TO 490	LC00R146
IF (ESPC .NE. ESPV (1, ICOD) .AND.	LC00R147
ESPC .NE. ESPV (2, ICOD)) GO TO 490	LC00R148
IC = ICOD	LC00R149
IF (IC .GT. 3) IC = IC - 3	LC00R150
IF (CCLID (IC)) GO TO 530	LC00R151
IES = IES + 1	LC00R152
IF (IES .GT. NES) GO TO 510	LC00R153
IF (ITIP (IES) .NE. 2 .AND. ITIP (IES) .NE. 3) GO TO 510	LC00R154
C	LC00R155
C----- OBTENCAO DA COORDENADA CONSTANTE.	LC00R156
C	LC00R157
CCLID (IC) = .TRUE.	LC00R158
COTE (IC) = RLIS (IES)	LC00R159
NCOR = NCOR - 1	LC00R160
IES = IES + 1	LC00R161
IF (IES .LE. NES) GO TO 150	LC00R162
C	LC00R163
C----- MODIFICACAO DOS INDICES DAS COORDENADAS.	LC00R164
C	LC00R165
IF (.NOT. CCLID (1)) GO TO 160	LC00R166
I1 = 5	LC00R167
I2 = 1	LC00R168
I3 = 2	LC00R169
160 CONTINUE	LC00R170
IF (.NOT. CCLID (2)) GO TO 170	LC00R171
I1 = I3	LC00R172
I3 = I2	LC00R173
I2 = I1	LC00R174

170 CONTINUE	LC00R175
C	LC00R176
C----- VERIFICA SE SAO COORDENADAS MULTIPLAS.	LC00R177
C	LC00R178
180 CONTINUE	LC00R179
IF (MULTI) GO TO 310	LC00R180
C	LC00R181
C----- COORDENADAS SIMPLAS.	LC00R182
C	LC00R183
190 CONTINUE	LC00R184
CALL SCAN	LC00R185
IF (NES .EQ. 0) RETURN	LC00R186
IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 200	LC00R187
IC00 = RLIS (IES)	LC00R188
IF (IC00) .NE. 25) RETURN	LC00R189
CALL LROTA	LC00R190
GO TO 190	LC00R191
200 CONTINUE	LC00R192
IF (ITIP (IES) .NE. 2) GO TO 610	LC00R193
NO = RLIS (IES)	LC00R194
IF (NO .LT. 1) GO TO 540	LC00R195
IF (NO .GT. NMN) GO TO 550	LC00R196
AUX (11) = CCIE (1)	LC00R197
AUX (12) = CCIE (2)	LC00R198
AUX (13) = CCIE (3)	LC00R199
IC = 0	LC00R200
210 CONTINUE	LC00R201
IES = IES + 1	LC00R202
IF (IES .GT. NES) GO TO 220	LC00R203
IC = IC + 1	LC00R204
IF (IC .GT. NCOR) GO TO 560	LC00R205
IF (ITIP (IES) .NE. 2 .AND. ITIP (IES) .NE. 3) GO TO 570	LC00R206
AUX (IC) = RLIS (IES)	LC00R207
GO TO 210	LC00R208
C	LC00R209
C----- VERIFICACAO DA ESPECIFICACAO DE SISTEMA.	LC00R210
C	LC00R211
220 CONTINUE	LC00R212
GO TO (230, 240, 250) ESPE	LC00R213
C	LC00R214
C----- COORDENADAS CARTESIANAS.	LC00R215
C	LC00R216
230 CONTINUE	LC00R217
XL = AUX (11)	LC00R218
YL = AUX (12)	LC00R219
ZL = AUX (13)	LC00R220
GO TO 260	LC00R221
C	LC00R222
C----- COORDENADAS CILINDRICAS.	LC00R223
C	LC00R224
240 CONTINUE	LC00R225
RAIO = AUX (11)	LC00R226
ALFA = AUX (12) * GRAD	LC00R227
XL = RAIO * COS (ALFA)	LC00R228
YL = RAIO * SIN (ALFA)	LC00R229
ZL = AUX (13)	LC00R230
GO TO 260	LC00R231
C	LC00R232

C-----	COORDENADAS ESFERICAS.	LC00R233
C		LC00R234
250	CONTINUE	LC00R235
	RAIO = AUX (11)	LC00R236
	ALFA = AUX (12) * GRAD	LC00R237
	BETA = AUX (13) * GRAD	LC00R238
	RCOS = RAIO * DCOS (BETA)	LC00R239
	XL = RCOS * DCOS (ALFA)	LC00R240
	YL = RCOS * DSIN (ALFA)	LC00R241
	ZL = RAIO * DSIN (BETA)	LC00R242
C		LC00R243
C-----	TRANSFORMACAO DO SISTEMA DE COORDENADAS.	LC00R244
C		LC00R245
260	CONTINUE	LC00R246
	IF (NROT) GO TO 270	LC00R247
	X = RXR * XL + RXY * YL + RXZ * ZL + XO	LC00R248
	Y = RYX * XL + RYY * YL + RYZ * ZL + YO	LC00R249
	Z = RZX * XL + RZY * YL + RZZ * ZL + ZO	LC00R250
	GO TO 280	LC00R251
270	CONTINUE	LC00R252
	X = XL + XO	LC00R253
	Y = YL + YO	LC00R254
	Z = ZL + ZO	LC00R255
280	CONTINUE	LC00R256
	GO TO (290, 300) TIPO	LC00R257
C		LC00R258
C-----	PONTOS DO CONTORNO.	LC00R259
C		LC00R260
290	CONTINUE	LC00R261
	XC (1, NO) = X	LC00R262
	XC (2, NO) = Y	LC00R263
	XC (3, NO) = Z	LC00R264
	CALL BITON (NO, 8)	LC00R265
	IF (NO .GT. NNC) NNC = NO	LC00R266
	GO TO 190	LC00R267
C		LC00R268
C-----	PONTOS DO INTERIOR.	LC00R269
C		LC00R270
300	CONTINUE	LC00R271
	XI (1, NO) = X	LC00R272
	XI (2, NO) = Y	LC00R273
	XI (3, NO) = Z	LC00R274
	CALL BITON (NO, 9)	LC00R275
	IF (NO .GT. NNI) NNI = NO	LC00R276
	GO TO 190	LC00R277
C		LC00R278
C-----	COORDENADAS MULTIPLAS	LC00R279
C		LC00R280
310	CONTINUE	LC00R281
	IF (.NOT. LIST1 (NN)) GO TO 320	LC00R282
	IF (NES .EQ. 0) RETURN	LC00R283
	ICOD = MLIS (IES)	LC00R284
	IF (ICOD) .NE. 25) RETURN	LC00R285
	CALL LNOTA	LC00R286
	GO TO 310	LC00R287
320	CONTINUE	LC00R288
	AUX (11) = CCIE (1)	LC00R289
	AUX (12) = CCIE (2)	LC00R290

AUX (11) = CCIE (3)	LC00R291
IC = 0	LC00R292
330 CONTINUE	LC00R293
IES = IES + 1	LC00R294
IF (IES .GT. NES) GO TO 580	LC00R295
IF (ITIP (IES) .EQ. 1) GO TO 340	LC00R296
IC = IC + 1	LC00R297
IF (IC .GT. NCDR) GO TO 580	LC00R298
AUX (IC) = RLIS (IES)	LC00R299
GO TO 330	LC00R300
C	LC00R301
C----- COMANDO 'PASSO'.	LC00R302
C	LC00R303
340 CONTINUE	LC00R304
ICDD = RLIS (IES)	LC00R305
IF (ITIP (IES) .NE. 1 .OR. ICDD .NE. 51) GO TO 580	LC00R306
C	LC00R307
C----- OBTENCAO DO PASSO.	LC00R308
C	LC00R309
PASS1 = 0.	LC00R310
PASS2 = 0.	LC00R311
PASS3 = 0.	LC00R312
IC = 0	LC00R313
350 CONTINUE	LC00R314
IES = IES + 1	LC00R315
IF (IES .GT. NES) GO TO 360	LC00R316
IC = IC + 1	LC00R317
IF (IC .GT. NCDR) GO TO 600	LC00R318
IF (ITIP (IES) .NE. 2 .AND. ITIP (IES) .NE. 3) GO TO 590	LC00R319
PASSO (IC) = RLIS (IES)	LC00R320
GO TO 350	LC00R321
C	LC00R322
C----- 'LOOP' DA LISTA DE NOS.	LC00R323
C	LC00R324
360 CONTINUE	LC00R325
DO 470 I = 1, NNDS	LC00R326
NO = LIST (I)	LC00R327
C	LC00R328
C----- VERIFICACAO DA ESPECIFICACAO DE SISTEMA.	LC00R329
C	LC00R330
GO TO (370, 380, 390) ESPO	LC00R331
C	LC00R332
C----- COORDENADAS CARTESIANAS.	LC00R333
C	LC00R334
370 CONTINUE	LC00R335
XL = AUX (11)	LC00R336
YL = AUX (12)	LC00R337
ZL = AUX (13)	LC00R338
GO TO 470	LC00R339
C	LC00R340
C----- COORDENADAS CILINDRICAS.	LC00R341
C	LC00R342
380 CONTINUE	LC00R343
RATIO = AUX (11)	LC00R344
ALFA = AUX (12) * GRAD	LC00R345
XL = RATIO * DCOS (ALFA)	LC00R346
YL = RATIO * DSIN (ALFA)	LC00R347
ZL = AUX (13)	LC00R348

GO TO 433	LC00R349
C	LC00R350
C----- COORDENADAS ESFERICAS.	LC00R351
C	LC00R352
390 CONTINUE	LC00R353
RAIO = AUX (I1)	LC00R354
ALFA = AUX (I2) * GRAD	LC00R355
BETA = AUX (I3) * GRAD	LC00R356
RCOS = RAIO * DCOS (BETA)	LC00R357
XL = RCOS * DCOS (ALFA)	LC00R358
YL = RCOS * DSIN (ALFA)	LC00R359
ZL = RAIO * DSIN (BETA)	LC00R360
C	LC00R361
C----- TRANSFORMACAO DO SISTEMA DE COORDENADAS.	LC00R362
C	LC00R363
400 CONTINUE	LC00R364
IF (NR0T) GO TO 410	LC00R365
X = RXX * XL + RXY * YL + RXZ * ZL + X0	LC00R366
Y = RYX * XL + RYY * YL + RYZ * ZL + Y0	LC00R367
Z = RZX * XL + RZY * YL + RZZ * ZL + Z0	LC00R368
GO TO 420	LC00R369
410 CONTINUE	LC00R370
X = XL + X0	LC00R371
Y = YL + Y0	LC00R372
Z = ZL + Z0	LC00R373
420 CONTINUE	LC00R374
GO TO (430, 440) TIPO	LC00R375
C	LC00R376
C----- PONTOS DO CONTOURNO.	LC00R377
C	LC00R378
430 CONTINUE	LC00R379
XC (1, NO) = X	LC00R380
XC (2, NO) = Y	LC00R381
XC (3, NO) = Z	LC00R382
CALL BITON (NO, 8)	LC00R383
IF (NO .GT. NVC) NNC = NO	LC00R384
GO TO 450	LC00R385
C	LC00R386
C----- PONTOS DO INTERIOR.	LC00R387
C	LC00R388
440 CONTINUE	LC00R389
XI (1, NO) = X	LC00R390
XI (2, NO) = Y	LC00R391
XI (3, NO) = Z	LC00R392
CALL BITON (NO, 9)	LC00R393
IF (NO .GT. NNI) NNI = NO	LC00R394
C	LC00R395
C----- INCREMENTO DO PASSO.	LC00R396
C	LC00R397
450 CONTINUE	LC00R398
DO 460 IC = 1, NCCR	LC00R399
AUX (IC) = AUX (IC) + PASSO (IC)	LC00R400
460 CONTINUE	LC00R401
470 CONTINUE	LC00R402
GO TO 310	LC00R403
C	LC00R404
C----- ERROS.	LC00R405
C	LC00R406

480 CALL ERRO (2)	LC00R407
RETURN	LC00R408
490 CALL ERRO (30)	LC00R409
RETURN	LC00R410
500 CALL ERRO (31)	LC00R411
RETURN	LC00R412
510 CALL ERRO (23)	LC00R413
RETURN	LC00R414
520 CALL ERRO (6)	LC00R415
RETURN	LC00R416
530 CALL ERRO (17)	LC00R417
RETURN	LC00R418
540 CALL ERRO (21)	LC00R419
GO TO 190	LC00R420
550 CALL ERRO (13)	LC00R421
GO TO 190	LC00R422
560 CALL ERRO (35)	LC00R423
GO TO 190	LC00R424
570 CALL ERRO (23)	LC00R425
GO TO 190	LC00R426
580 CALL ERRO (36)	LC00R427
GO TO 310	LC00R428
590 CALL ERRO (23)	LC00R429
GO TO 310	LC00R430
600 CALL ERRO (35)	LC00R431
GO TO 310	LC00R432
610 CALL ERRO (24)	LC00R433
GO TO 190	LC00R434
END	LC00R435

SUBROUTINE LOPRE	LOPRE001
C	LOPRE002
C-----	LOPRE003
C	LOPRE004
C	LOPRE005
C	LOPRE006
C-----	LOPRE007
C	LOPRE008
C	LOPRE009
C-----	LOPRE010
C	LOPRE011
LOGICAL	LOPRE012
- FALSE,	LOPRE013
- LIST1	LOPRE014
C	LOPRE015
COMMON	LOPRE016
- /COORD/ NNC	LOPRE017
- /DESL/ UC (3, 1001)	LOPRE018
- /LISTA/ NNCs, LIST (1001)	LOPRE019
- /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101)	LOPRE020
C	LOPRE021
C	LOPRE022
C-----	LOPRE023
C	LOPRE024
INTEGER	LOPRE025
- I,	X INDICE GERAL
- ICOD,	X INDICE AUXILIAR
- J,	X INDICE GERAL
- NDAD,	X NUMERO DE DADOS LIOS
- NO	X NUMERO DE NO
C	LOPRE031
- REAL	LOPRE032
- DI,	X DESLOCAMENTO I
- DESL (3)	X DESLOCAMENTOS LIOS
C	LOPRE035
C	LOPRE036
C-----	LOPRE037
C	LOPRE038
IES = IES + 1	LOPRE039
IF (IES .GT. NES) GO TO 100	LOPRE040
IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 190	LOPRE041
ICOD = RLIS (IES)	LOPRE042
IF (ICOD .NE. 17) GO TO 150	LOPRE043
IES = IES + 1	LOPRE044
IF (IES .LE. NES) GO TO 160	LOPRE045
100 CONTINUE	LOPRE046
IF (LIST1 (NNC)) RETURN	LOPRE047
NDAD = 0	LOPRE048
DESL (1) = 0.	LOPRE049
DESL (2) = 0.	LOPRE050
DESL (3) = 0.	LOPRE051
110 CONTINUE	LOPRE052
IES = IES + 1	LOPRE053
IF (IES .GT. NES) GO TO 120	LOPRE054
NDAD = NDAD + 1	LOPRE055
IF (NDAD .GT. 3) GO TO 170	LOPRE056
IF (ITIP (IES) .NE. 2 .AND. ITIP (IES) .NE. 3) GO TO 180	LOPRE057
DESL (NDAD) = RLIS (IES)	LOPRE058

GO TO 110	LOPRE059
120 CONTINUE	LOPRE060
DO 140 I = 1, 3	LOPRE061
DI = DESL (I)	LOPRE062
DO 130 J = 1, NNDS	LOPRE063
NO = LIST (J)	LOPRE064
IF (NO .GT. NNC) GO TO 140	LOPRE065
IF (FALSE (NO, 8)) GO TO 130	LOPRE066
UC (I, NO) = DI	LOPRE067
130 CONTINUE	LOPRE068
140 CONTINUE	LOPRE069
GO TO 100	LOPRE070
C	LOPRE071
C----- ERRORS.	LOPRE072
C	LOPRE073
150 CALL ERRO (17)	LOPRE074
RETURN	LOPRE075
160 CALL ERRO (5)	LOPRE076
RETURN	LOPRE077
170 CALL ERRO (35)	LOPRE078
GO TO 100	LOPRE079
180 CALL ERRO (23)	LOPRE080
GO TO 100	LOPRE081
190 CALL ERRO (2)	LOPRE082
RETURN	LOPRE083
END	LOPRE084







- (FORB (1), FORB1),  
 - (FORB (2), FORB2),  
 - (FORB (3), FORB3)

C

C

C----- PROCEDIMENTOS.

C

IES = IES + 1  
 IF (IES .GT. NES) GO TO 350  
 IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 380  
 ICOD = RLIS (IES)  
 IF (ICOD .NE. 39) GO TO 360  
 IES = IES + 1  
 IF (IES .GT. NES) GO TO 350  
 IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 380  
 ICOD = RLIS (IES)  
 IF (ICOD .NE. 40) GO TO 360  
 IES = IES + 1  
 IF (IES .GT. NES) GO TO 350  
 IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 380  
 ICOD = RLIS (IES) - 17  
 IF (ICOD .NE. 1 .AND. ICOD .NE. 2) GO TO 360  
 IES = IES + 1  
 IF (IES .LE. NES) GO TO 370  
 GO TO (130, 200) ICOD

C

C----- LEITURA DAS FORÇAS DE SUPERFICIE NODAIS

C

100 CONTINUE

IF (.NOT. LIST1 (NNC)) GO TO 110  
 IF (NES .EQ. 0) RETURN  
 ICOD = RLIS (IES)  
 IF (ICOD .NE. 25) RETURN  
 CALL LROTA  
 GO TO 130

110 CONTINUE

NDA0 = 0  
 FORL1 = 0.  
 FORL2 = 0.  
 FORL3 = 0.

120 CONTINUE

IES = IES + 1  
 IF (IES .GT. NES) GO TO 130  
 NDA0 = NDA0 + 1  
 IF (NDA0 .GT. 3) GO TO 180  
 IF (ITIP (IES) .NE. 2 .AND. ITIP (IES) .NE. 3) GO TO 190  
 FORL (NDA0) = RLIS (IES)  
 GO TO 120

130 CONTINUE

IF (NDA0) GO TO 140  
 FORB1 = R11 + FORL1 + R12 + FORL2 + R13 + FORL3  
 FORB2 = R21 + FORL1 + R22 + FORL2 + R23 + FORL3  
 FORB3 = R31 + FORL1 + R32 + FORL2 + R33 + FORL3  
 GO TO 150

140 CONTINUE

FORB1 = FORL1  
 FORB2 = FORL2  
 FORB3 = FORL3

LFORC059  
 LFORC060  
 LFORC061  
 LFORC062  
 LFORC063  
 LFORC064  
 LFORC065  
 LFORC066  
 LFORC067  
 LFORC068  
 LFORC069  
 LFORC070  
 LFORC071  
 LFORC072  
 LFORC073  
 LFORC074  
 LFORC075  
 LFORC076  
 LFORC077  
 LFORC078  
 LFORC079  
 LFORC080  
 LFORC081  
 LFORC082  
 LFORC083  
 LFORC084  
 LFORC085  
 LFORC086  
 LFORC087  
 LFORC088  
 LFORC089  
 LFORC090  
 LFORC091  
 LFORC092  
 LFORC093  
 LFORC094  
 LFORC095  
 LFORC096  
 LFORC097  
 LFORC098  
 LFORC099  
 LFORC100  
 LFORC101  
 LFORC102  
 LFORC103  
 LFORC104  
 LFORC105  
 LFORC106  
 LFORC107  
 LFORC108  
 LFORC109  
 LFORC110  
 LFORC111  
 LFORC112  
 LFORC113  
 LFORC114  
 LFORC115  
 LFORC116

150 CONTINUE	LFORC117
DO 170 I = 1, 3	LFORC118
FORL1 = FORL (1)	LFORC119
DO 160 J = 1, NNOS	LFORC120
NO = LIST (J)	LFORC121
IF (NO .GT. NNC) GO TO 170	LFORC122
IF (FALSE (NO, 3)) GO TO 160	LFORC123
FN (1, NO) = FORL1	LFORC124
160 CONTINUE	LFORC125
170 CONTINUE	LFORC126
GO TO 100	LFORC127
C	LFORC128
C----- ERROS.	LFORC129
C	LFORC130
180 CALL ERRO (35)	LFORC131
GO TO 100	LFORC132
190 CALL ERRO (23)	LFORC133
GO TO 100	LFORC134
C	LFORC135
C----- LEITURA DAS FORÇAS DE SUPERFÍCIE NOS ELEMENTOS.	LFORC136
C	LFORC137
200 CONTINUE	LFORC138
IF (.NOT. LIST1 (NEL)) GO TO 210	LFORC139
IF (NES .EQ. 0) RETURN	LFORC140
ICOD = RLIS (IES)	LFORC141
IF (ICOD .NE. 25) RETURN	LFORC142
CALL LROTA	LFORC143
GO TO 200	LFORC144
210 CONTINUE	LFORC145
NDA0 = 0	LFORC146
WRITE (FORL) (3., I = 1, 9)	LFORC147
220 CONTINUE	LFORC148
IES = IES + 1	LFORC149
IF (IES .GT. NES) GO TO 230	LFORC150
NDA0 = NDA0 + 1	LFORC151
IF (NDA0 .GT. 9) GO TO 330	LFORC152
IF (ITIP (IES) .NE. 2 .AND. ITIP (IES) .NE. 3) GO TO 340	LFORC153
FORL (NDA0) = RLIS (IES)	LFORC154
GO TO 220	LFORC155
230 CONTINUE	LFORC156
IF (NROT) GO TO 260	LFORC157
DO 250 J = 1, 3	LFORC158
FOREB (1, J) = FOREL (1, J) * R11 + FOREL (2, J) * R12 +	LFORC159
FOREL (3, J) * R13	LFORC160
FOREB (2, J) = FOREL (1, J) * R21 + FOREL (2, J) * R22 +	LFORC161
FOREL (3, J) * R23	LFORC162
FOREB (3, J) = FOREL (1, J) * R31 + FOREL (2, J) * R32 +	LFORC163
FOREL (3, J) * R33	LFORC164
250 CONTINUE	LFORC165
GO TO 270	LFORC166
260 CONTINUE	LFORC167
DO 280 J = 1, 3	LFORC168
DO 270 I = 1, 3	LFORC169
FOREB (I, J) = FOREL (I, J)	LFORC170
270 CONTINUE	LFORC171
280 CONTINUE	LFORC172
290 CONTINUE	LFORC173
DO 320 J = 1, 3	LFORC174

00 310 I = 1, 3	LFORC175
00 300 K = 1, NNOS	LFORC176
NE = LIST (K)	LFORC177
IF (NE .GT. NEL) GO TO 310	LFORC178
IF (FALSE, (NE, 11)) GO TO 300	LFORC179
FE (I, J, NE) = FOREB (I, J)	LFORC180
300 CONTINUE	LFORC181
310 CONTINUE	LFORC182
320 CONTINUE	LFORC183
GO TO 200	LFORC184
C	LFORC185
C----- ERROS.	LFORC186
C	LFORC187
330 CALL ERRO (35)	LFORC188
GO TO 200	LFORC189
340 CALL ERRO (23)	LFORC190
GO TO 200	LFORC191
350 CALL ERRO (6)	LFORC192
RETURN	LFORC193
360 CALL ERRO (17)	LFORC194
RETURN	LFORC195
370 CALL ERRO (5)	LFORC196
RETURN	LFORC197
380 CALL ERRO (2)	LFORC198
RETURN	LFORC199
END	LFORC200

```

SUBROUTINE LGRAD                                LGRAD001
C                                                LGRAD002
C-----LGRAD003
C                                                LGRAD004
C          LEITURA DOS GRADIENTE DE TEMPERATURA NOS ELEMENTOS LGRAD005
C          E DA CONSTANTE CO DO LAPLACIANO DA TEMPERATURA LGRAD006
C                                                LGRAD007
C-----LGRAD008
C                                                LGRAD009
C                                                LGRAD010
C-----VARIAVEIS GLOBAIS: LGRAD011
C                                                LGRAD012
C          LOGICAL LGRAD013
C          - EXTPT, LGRAD014
C          - FALSE, LGRAD015
C          - LIST1 LGRAD016
C                                                LGRAD017
C          COMMON LGRAD018
C          - /CONET/ NEL LGRAD019
C          - /LISTA/ NNOS, LIST (1001) LGRAD020
C          - /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101) LGRAD021
C          - /TEMPE/ EXTPT, CO, TEMPC (1001), GRAD (3, 1001) LGRAD022
C                                                LGRAD023
C                                                LGRAD024
C-----VARIAVEIS LOCAIS: LGRAD025
C                                                LGRAD026
C          INTEGER LGRAD027
C          - I, X INDICE GERAL LGRAD028
C          - J, X INDICE GERAL LGRAD029
C          - NDAO, X NUMERO DE DADOS LIDOS LGRAD030
C          - NE, X NUMERO DE ELEMENTO LGRAD031
C          - NO X NUMERO DE NO LGRAD032
C                                                LGRAD033
C          REAL LGRAD034
C          - GR (3), X GRADIENTE DE TEMPERATURA LIDO LGRAD035
C          - GRI X GRADIENTE DO NO I LGRAD036
C                                                LGRAD037
C                                                LGRAD038
C-----PROCEDIMENTOS. LGRAD039
C LGRAD040
C          EXTPT = .TRUE. LGRAD041
C          IES = IES + 1 LGRAD042
C          IF (IES .GT. NES) GO TO 100 LGRAD043
C          IF (ITIP (IES) .NE. 2 .AND. ITIP (IES) .NE. 3) GO TO 170 LGRAD044
C          CO = RLIS (IES) LGRAD045
C          IES = IES + 1 LGRAD046
C          IF (IES .LE. NES) GO TO 150 LGRAD047
100 CONTINUE LGRAD048
C          IF (LIST1 (NEL)) RETURN LGRAD049
C          NDAO = 0 LGRAD050
C          GR (1) = 0. LGRAD051
C          GR (2) = 0. LGRAD052
C          GR (3) = 0. LGRAD053
110 CONTINUE LGRAD054
C          IES = IES + 1 LGRAD055
C          IF (IES .GT. NES) GO TO 120 LGRAD056
C          NDAO = NDAO + 1 LGRAD057
C          IF (NDA) .GT. 3) GO TO 160 LGRAD058

```

IF (ITIP (IES) .NE. 2 .AND. ITIP (IES) .NE. 3) GO TO 170	LGRAD059
GR (NOAD) = RLIS (IES)	LGRAD060
GO TO 110	LGRAD061
120 CONTINUE	LGRAD062
DO 140 I = 1, 3	LGRAD063
GR1 = GR (I)	LGRAD064
DO 130 J = 1, NNOS	LGRAD065
NE = LIST (J)	LGRAD066
IF (ND .GT. NEL) GO TO 140	LGRAD067
IF (.FALSE. (NE, 1)) GO TO 130	LGRAD068
GRAD (I, NE) = GR1	LGRAD069
130 CONTINUE	LGRAD070
140 CONTINUE	LGRAD071
GO TO 100	LGRAD072
C	LGRAD073
C----- ERRORS.	LGRAD074
C	LGRAD075
150 CALL ERRO (5)	LGRAD076
GO TO 100	LGRAD077
160 CALL ERRO (35)	LGRAD078
GO TO 100	LGRAD079
170 CALL ERRO (23)	LGRAD080
GO TO 100	LGRAD081
END	LGRAD082

LOGICAL FUNCTION LIST1	LIST1001
- (NLIN)	LIST1002
C	LIST1003
C-----	LIST1004
C	LIST1005
C           LEITURA DE LISTAS DE NOS OU ELEMENTOS	LIST1006
C	LIST1007
C-----	LIST1008
C	LIST1009
C	LIST1010
C           LE LISTAS DE NOS OU ELEMENTOS QUE DEVEM TERMINAR	LIST1011
C           POR UM COMANDO ESPECIAL (*:*)	LIST1012
C	LIST1013
C           CONTEUDO DAS VARIAVEIS PARA AS CONDICAOES DE RETORNO:	LIST1014
C	LIST1015
C           1 - LISTA LIDA	LIST1016
C           LIST1 = .FALSE.	LIST1017
C           IES = INDICE DO COMANDO ESPECIAL	LIST1018
C           NNOS = NUMERO DE NOS OU ELEMENTOS DA LISTA	LIST1019
C           LIST = LISTA DE NOS OU ELEMENTOS	LIST1020
C	LIST1021
C           2 - COMANDO NOVO ENCONTRADO	LIST1022
C           LIST1 = .TRUE.	LIST1023
C           IES = VALOR ANTERIOR	LIST1024
C           NNOS = 0	LIST1025
C           LIST = LISTA ANTERIOR	LIST1026
C	LIST1027
C           OBS.:	LIST1028
C           QUANDO HOUVER ERRO NA LEITURA DA LISTA DE NOS OU	LIST1029
C           ELEMENTOS A ROTINA INICIA A LEITURA DE NOVA LISTA.	LIST1030
C	LIST1031
C	LIST1032
C-----       PARAMETROS FORMAIS:	LIST1033
C	LIST1034
INTEGER	LIST1035
- NLIN                   X NUMERO ATUAL DE NOS OU ELEMENTOS	LIST1036
C	LIST1037
C	LIST1038
C-----       VARIAVEIS GLOBAIS:	LIST1039
C	LIST1040
COMMON	LIST1041
- /LISTA/ NNOS, LIST (1001)	LIST1042
- /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101)	LIST1043
C	LIST1044
C	LIST1045
C-----       VARIAVEIS LOCAIS:	LIST1046
C	LIST1047
LOGICAL	LIST1048
- EXINT,               X INDICA INTERVALO SENDO LIDO	LIST1049
- ININT               X INDICA INICIO DE INTERVALO	LIST1050
C	LIST1051
INTEGER	LIST1052
- I,                   X INDICE GERAL	LIST1053
- ICOD,               X CODIGO DE COMANDO	LIST1054
- INCR,               X INCREMENTO DE INTERVALO	LIST1055
- IES1,               X IES + 1	LIST1056
- NUM,                X NUMERO DE NO OU ELEMENTO	LIST1057
- NUM1,               X NUMERO DE INICIO DE INTERVALO	LIST1058



-	NNOS	X NUMERO MAXIMO DA LISTA	LIST1059
C			LIST1060
	DATA		LIST1061
-	NNOS / 1001 /		LIST1062
C			LIST1063
C			LIST1064
C-----	PROCEDIMENTOS.		LIST1065
C			LIST1066
	LIST1 = .FALSE.		LIST1067
100	NNOS = 0		LIST1068
	CALL SCAN		LIST1069
	IF (NES .EQ. 0) GO TO 100		LIST1070
	EXINT = .TRUE.		LIST1071
	ININT = .FALSE.		LIST1072
C			LIST1073
C-----	IDENTIFICACAO DE ELEMENTO DA LISTA.		LIST1074
C			LIST1075
110	CONTINUE		LIST1076
	IF (ITIP (IES) .EQ. 1) GO TO 160		LIST1077
C			LIST1078
C-----	NUMERO DE NO DO ELEMENTO.		LIST1079
C			LIST1080
	IF (ITIP (IES) .NE. 2) GO TO 220		LIST1081
	NUM = RLIS (IES)		LIST1082
	IF (NUM .LT. 1) GO TO 230		LIST1083
	IF (ININT) GO TO 120		LIST1084
C			LIST1085
C-----	NUMERO SIMPLES.		LIST1086
C			LIST1087
	NNOS = NNOS + 1		LIST1088
	IF (NNOS .GT. MNOS) GO TO 260		LIST1089
	LIST (NNOS) = NUM		LIST1090
	EXINT = .FALSE.		LIST1091
	GO TO 210		LIST1092
120	CONTINUE		LIST1093
C			LIST1094
C-----	NUMERO DE FIM DE INTERVALO.		LIST1095
C			LIST1096
	ININT = .FALSE.		LIST1097
	NUM1 = LIST (NNOS)		LIST1098
	INCR = 1		LIST1099
	IF (NUM .LT. NUM1) INCR = -1		LIST1100
	I = NUM1		LIST1101
	IES1 = IES + 1		LIST1102
	IF (IES1 .GT. NES) GO TO 130		LIST1103
	IF (ITIP (IES1) .NE. 1) GO TO 130		LIST1104
	ICOD = RLIS (IES1)		LIST1105
	IF (ICOD .NE. 51) GO TO 130		LIST1106
C			LIST1107
C-----	COMANDO 'PASSO'.		LIST1108
C			LIST1109
	IES = IES + 2		LIST1110
	IF (IES .GT. NES) GO TO 220		LIST1111
	IF (ITIP (IES) .NE. 2) GO TO 220		LIST1112
	INCR = RLIS (IES)		LIST1113
130	CONTINUE		LIST1114
	I = I + INCR		LIST1115
	IF (INCR .GT. 0) GO TO 140		LIST1116

IF (I .LT. NUM) GO TO 210	LIST1117
GO TO 150	LIST1118
140 CONTINUE	LIST1119
IF (I .GT. NUM) GO TO 210	LIST1120
150 CONTINUE	LIST1121
NNOS = NNOS + 1	LIST1122
IF (NNOS .GT. MNOS) GO TO 260	LIST1123
LIST (NNOS) = I	LIST1124
GO TO 130	LIST1125
C	LIST1126
C----- COMANDO.	LIST1127
C	LIST1128
160 CONTINUE	LIST1129
ICOO = RLIS (IES) - 34	LIST1130
GO TO (180, 190, 200) ICOD	LIST1131
C	LIST1132
C----- COMANDO NOVO.	LIST1133
C	LIST1134
IF (IES .EQ. 1) GO TO 170	LIST1135
IF (ININT) GO TO 220	LIST1136
GO TO 240	LIST1137
170 CONTINUE	LIST1138
LISTI = .TRUE.	LIST1139
RETURN	LIST1140
C	LIST1141
C----- COMANDO ESPECIAL ('*').	LIST1142
C	LIST1143
180 CONTINUE	LIST1144
IF (INTNF) GO TO 220	LIST1145
IF (NNOS .EQ. 0) GO TO 250	LIST1146
RETURN	LIST1147
C	LIST1148
C----- COMANDO 'ATE'.	LIST1149
C	LIST1150
190 CONTINUE	LIST1151
IF (EXINT .OR. ININT) GO TO 220	LIST1152
ININT = .TRUE.	LIST1153
EXINT = .TRUE.	LIST1154
GO TO 210	LIST1155
C	LIST1156
C----- COMANDO 'TODOS'.	LIST1157
C	LIST1158
200 CONTINUE	LIST1159
IF (IES .NE. 1) GO TO 270	LIST1160
IES = ILS + 1	LIST1161
IF (IES .GT. NES) GO TO 240	LIST1162
ICOD = RLIS (IES)	LIST1163
IF (ITIP (IES) .NE. 1 .OR. ICOD .NE. 35) GO TO 240	LIST1164
NNOS = RLIN	LIST1165
WRITE (LIST) (I, I = 1, NNOS)	LIST1166
RETURN	LIST1167
C	LIST1168
C----- VERIFICA SE TERMINOU REGISTRO.	LIST1169
C	LIST1170
210 CONTINUE	LIST1171
IES = IES + 1	LIST1172
IF (IES .LE. NES) GO TO 110	LIST1173
IF (.NOT. ININT) GO TO 240	LIST1174

C		LIST1175
C-----	ERROS.	LIST1176
C		LIST1177
220 CALL ERRO (24)		LIST1178
GO TO 100		LIST1179
230 CALL ERRO (21)		LIST1180
GO TO 100		LIST1181
240 CALL ERRO (28)		LIST1182
GO TO 100		LIST1183
250 CALL ERRO (27)		LIST1184
GO TO 100		LIST1185
260 CALL ERRO (29)		LIST1186
GO TO 100		LIST1187
270 CALL ERRO (18)		LIST1188
GO TO 100		LIST1189
END		LIST1190

LOGICAL FUNCTION LIST2	LIST2001
- (NLIN, LISTC)	LIST2002
C	LIST2003
C-----	LIST2004
C	LIST2005
C	LEITURA DE LISTAS DE NOS OU DE ELEMENTOS
C	LIST2006
C	LIST2007
C-----	LIST2008
C	LIST2009
C	LIST2010
C	LE LISTAS DE NOS OU ELEMENTOS QUE DEVEM TERMINAR
C	POR UM COMANDO OU POR FIM DE REGISTRO LOGICO.
C	LIST2012
C	LIST2013
C	CONTEUDO DAS VARIAVEIS PARA AS CONDIÇÕES DE RETORNO:
C	LIST2014
C	LIST2015
C	A - SE LISTC = .FALSE.
C	LIST2016
C	1 - LISTA TERMINOU POR COMANDO
C	LIST2017
C	LIST2 = .FALSE.
C	LIST2018
C	IES = INDICE DO COMANDO
C	LIST2019
C	NNOS = NUMERO DE NOS OU ELEMENTOS DA LISTA
C	LIST2020
C	LIST = LISTA DE NOS OU ELEMENTOS
C	LIST2021
C	LIST2022
C	2 - LISTA TERMINOU POR FIM DE REGISTRO
C	LIST2023
C	LIST2 = .FALSE.
C	LIST2024
C	IES = NES + 1
C	LIST2025
C	NNOS = NUMERO DE NOS OU ELEMENTOS DA LISTA
C	LIST2026
C	LIST = LISTA DE NOS OU ELEMENTOS
C	LIST2027
C	LIST2028
C	3 - OCORREU ERRO
C	LIST2029
C	LIST2 = .TRUE.
C	LIST2030
C	LIST2031
C	B - SE LISTC = .TRUE.
C	LIST2032
C	LIST2 = .FALSE.
C	LIST2033
C	IES = NAO MODIFICADO
C	LIST2034
C	NNOS = NLIN
C	LIST2035
C	LIST = LISTA COMPLETA
C	LIST2036
C	LIST2037
C	OBS.:
C	LIST2038
C	SE A LISTA FOR VAZIA RETORNA LISTA COMPLETA.
C	LIST2039
C	LIST2040
C	LIST2041
C-----	LIST2042
C	PARAMETROS FORMATS:
C	LIST2043
LOGICAL	LIST2044
- LISTC	1 INDICADOR DE LISTA COMPLETA
C	LIST2045
INTEGER	LIST2046
- NLIN	1 NUMERO ATUAL DE NOS OU ELEMENTOS
C	LIST2047
C	LIST2048
C	LIST2049
C	LIST2050
C-----	LIST2051
C	VARIAVEIS GLOBAIS:
C	LIST2052
COMMON	LIST2053
- /LISTA/ NNOS, LIST (1001)	LIST2054
- /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101)	LIST2055
C	LIST2056
C	LIST2057
C-----	LIST2058
C	VARIAVEIS LOCAIS:

C		LIST2059
	LOGICAL	LIST2060
-	EXINT,                   X INDICA INTERVALO SENDO LIDO	LIST2061
-	ININT,                   X INDICA INICIO DE INTERVALO	LIST2062
-	TODOS                   X INDICA COMANDO 'TODOS' LIDO	LIST2063
C		LIST2064
	INTEGER	LIST2065
-	I,                       X INDICE GERAL	LIST2066
-	ICOD,                   X CODIGO DE COMANDO	LIST2067
-	INCR,                   X INCREMENTO DE INTERVALO	LIST2068
-	IES1,                   X IES + 1	LIST2069
-	NUM,                    X NUMERO DE NO OU ELEMENTO	LIST2070
-	NUM1,                   X NUMERO DE INICIO DE INTERVALO	LIST2071
-	NNOS                    X NUMERO MAXIMO DA LISTA	LIST2072
C		LIST2073
	DATA	LIST2074
-	NNOS / 1001 /	LIST2075
C		LIST2076
C		LIST2077
C-----	PROCEDIMENTOS.	LIST2078
C		LIST2079
	NNOS = 0	LIST2080
	LIST2 = .FALSE.	LIST2081
	EXINT = .TRUE.	LIST2082
	ININT = .FALSE.	LIST2083
	TODOS = .FALSE.	LIST2084
C		LIST2085
C-----	VERIFICA SE A LISTA DEVE SER COMPLETA	LIST2086
C		LIST2087
	IF (LIST2) GO TO 190	LIST2088
C		LIST2089
C-----	IDENTIFICACAO DE ELEMENTO DA LISTA.	LIST2090
C		LIST2091
	100 CONTINUE	LIST2092
	IES = IES + 1	LIST2093
	IF (IES .GT. NES) GO TO 180	LIST2094
	IF (ITIP (IES) .EQ. 1) GO TO 150	LIST2095
C		LIST2096
C-----	NUMERO DE NO OU ELEMENTO.	LIST2097
C		LIST2098
	IF (TODOS) GO TO 230	LIST2099
	IF (ITIP (IES) .NE. 2) GO TO 200	LIST2100
	NUM = RLIS (IES)	LIST2101
	IF (NUM .LT. 1) GO TO 210	LIST2102
	IF (ININT) GO TO 110	LIST2103
C		LIST2104
C-----	NUMERO SIMPLES.	LIST2105
C		LIST2106
	NNOS = NNOS + 1	LIST2107
	IF (NNOS .GT. MNOS) GO TO 220	LIST2108
	LIST (NNOS) = NUM	LIST2109
	EXINT = .FALSE.	LIST2110
	GO TO 130	LIST2111
	110 CONTINUE	LIST2112
C		LIST2113
C-----	NUMERO DE FIM DE INTERVALO.	LIST2114
C		LIST2115
	ININT = .FALSE.	LIST2116

NUM1 = LIST (NNOS)	LIST2117
INCR = 1	LIST2118
IF (NUM .LT. NUM1) INCR = -1	LIST2119
I = NUM1	LIST2120
IES1 = IES + 1	LIST2121
IF (IES1 .GT. NES) GO TO 120	LIST2122
IF (ITIP (IES1) .NE. 1) GO TO 120	LIST2123
ICOD = RLIS (IES1)	LIST2124
IF (ICOD .NE. 51) GO TO 120	LIST2125
C	LIST2126
C----- COMANDO 'PASSO'.	LIST2127
C	LIST2128
IES = IES + 2	LIST2129
IF (IES .GT. NES) GO TO 200	LIST2130
IF (ITIP (IES) .NE. 2) GO TO 200	LIST2131
INCR = RLIS (IES)	LIST2132
120 CONTINUE	LIST2133
I = I + INCR	LIST2134
IF (INCR .GT. 0) GO TO 130	LIST2135
IF (I .LT. NUM) GO TO 100	LIST2136
GO TO 140	LIST2137
130 CONTINUE	LIST2138
IF (I .GT. NUM) GO TO 100	LIST2139
140 CONTINUE	LIST2140
NNOS = NNOS + 1	LIST2141
IF (NNOS .GT. NMNOS) GO TO 220	LIST2142
LIST (NNOS) = I	LIST2143
GO TO 120	LIST2144
C	LIST2145
C----- COMANDO.	LIST2146
C	LIST2147
150 CONTINUE	LIST2148
ICOD = RLIS (IES) - 35	LIST2149
GO TO (160, 170) ICOD	LIST2150
C	LIST2151
C----- COMANDO NOVO.	LIST2152
C	LIST2153
IF (ININT) GO TO 200	LIST2154
IF (NNOS .NE. 0) RETURN	LIST2155
GO TO 190	LIST2156
C	LIST2157
C----- COMANDO 'ATE'.	LIST2158
C	LIST2159
160 CONTINUE	LIST2160
IF (EXINT .OR. ININT) GO TO 200	LIST2161
ININT = .TRUE.	LIST2162
EXINT = .TRUE.	LIST2163
GO TO 100	LIST2164
C	LIST2165
C----- COMANDO 'TODOS'.	LIST2166
C	LIST2167
170 CONTINUE	LIST2168
IF (NNOS .NE. 0) GO TO 200	LIST2169
TODOS = .TRUE.	LIST2170
GO TO 100	LIST2171
C	LIST2172
C----- FIM DE REGISTRO.	LIST2173
C	LIST2174

180 CONTINUE	LIST2175
IF (ININT) GO TO 200	LIST2176
IF (NNOS .NE. 0) RETURN	LIST2177
C	LIST2178
C----- LISTA COMPLETA.	LIST2179
C	LIST2180
190 CONTINUE	LIST2181
NNOS = NLIH	LIST2192
WRITE (LIST) (I, I = 1, NNOS)	LIST2183
RETURN	LIST2184
C	LIST2185
C----- ERROS.	LIST2186
C	LIST2187
200 CALL ERRO (24)	LIST2188
GO TO 240	LIST2189
210 CALL ERRO (21)	LIST2190
GO TO 240	LIST2191
220 CALL ERRO (29)	LIST2192
GO TO 240	LIST2193
230 CALL ERRO (18)	LIST2194
240 LIST2 = .TRUE.	LIST2195
RETURN	LIST2196
END	LIST2197

SUBROUTINE LORIG	LORIG001
C	LORIG002
C-----	LORIG003
C	LORIG004
C          LEITURA DA ORIGEM DO SISTEMA ATUAL	LORIG005
C	LORIG006
C-----	LORIG007
C	LORIG008
C-----          VARIAVEIS GLOBAIS:	LORIG009
C	LORIG010
LOGICAL	LORIG011
NRDT	LORIG012
C	LORIG013
COMMON	LORIG014
/REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101)	LORIG015
/SISTE/ NRDT, XD (3)	LORIG016
C	LORIG017
C	LORIG018
C-----          VARIAVEIS LOCAIS:	LORIG019
C	LORIG020
LOGICAL	LORIG021
CLID (3)                  Z INDICA COORDENADA LIDA	LORIG022
C	LORIG023
INTEGER	LORIG024
ICOD                      Z CODIGO DA COORDENADA	LORIG025
C	LORIG026
C	LORIG027
C-----          PROCEDIMENTOS.	LORIG028
C	LORIG029
XD (1) = 0.	LORIG030
XD (2) = 0.	LORIG031
XD (3) = 0.	LORIG032
CLID (1) = .FALSE.	LORIG033
CLID (2) = .FALSE.	LORIG034
CLID (3) = .FALSE.	LORIG035
100 CONTINUE	LORIG036
IES = IES + 1	LORIG037
IF (IES .GT. NES) RETURN	LORIG038
IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 110	LORIG039
ICOD = RLIS (IES) - 28	LORIG040
IF (ICOD .LT. 1 .OR. ICOD .GT. 3) GO TO 110	LORIG041
IF (CLID (ICOD)) GO TO 120	LORIG042
CLID (ICOD) = .TRUE.	LORIG043
IES = IES + 1	LORIG044
IF (IES .GT. NES) GO TO 130	LORIG045
IF (ITIP (IES) .NE. 2 .AND. ITIP (IES) .NE. 3) GO TO 130	LORIG046
XD (ICOD) = RLIS (IES)	LORIG047
GO TO 100	LORIG048
C	LORIG049
C-----          ERROS.	LORIG050
C	LORIG051
110 CALL ERRO (30)	LORIG052
RETURN	LORIG053
120 CALL ERRO (31)	LORIG054
RETURN	LORIG055
130 CALL ERRO (23)	LORIG056
RETURN	LORIG057
END	LORIG058



SUBROUTINE LPES0	LPES0001
C	LPES0002
C-----	LPES0003
C	LPES0004
C	LEITURA DO VETOR DO CAMPO GRAVITACIONAL
C	LPES0005
C	LPES0006
C-----	LPES0007
C	LPES0008
C	LPES0009
C-----	LPES0010
C	LPES0011
LOGICAL	LPES0012
- EXPES,	LPES0013
- NROT	LPES0014
C	LPES0015
COMMON	LPES0016
- /PESOP/ EXPES, AG (3)	LPES0017
- /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101)	LPES0018
C	LPES0019
C	LPES0020
C-----	LPES0021
C	LPES0022
LOGICAL	LPES0023
- CLID (3)	% INDICA COMPONENTE LIDA
C	LPES0024
INTEGER	LPES0025
- ICOD	% CODIGO DA COMPONENTE
C	LPES0026
C	LPES0027
C	LPES0028
C	LPES0029
C-----	LPES0030
C	LPES0031
EXPES = .TRUE.	LPES0032
AG (1) = 0.	LPES0033
AG (2) = 0.	LPES0034
AG (3) = 0.	LPES0035
CLID (1) = .FALSE.	LPES0036
CLID (2) = .FALSE.	LPES0037
CLID (3) = .FALSE.	LPES0038
100 CONTINUE	LPES0039
IES = IES + 1	LPES0040
IF (IES .GT. NES) RETURN	LPES0041
IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 110	LPES0042
ICOD = RLIS (IES) - 29	LPES0043
IF (ICOD) .LT. 1 .OR. ICOD .GT. 3) GO TO 110	LPES0044
IF (CLID (ICOD)) GO TO 120	LPES0045
CLID (ICOD) = .TRUE.	LPES0046
IES = IES + 1	LPES0047
IF (IES .GT. NES) GO TO 130	LPES0048
IF (ITIP (IES) .NE. 2 .AND. ITIP (IES) .NE. 3) GO TO 130	LPES0049
AG (ICOD) = RLIS (IES)	LPES0050
GO TO 100	LPES0051
C	LPES0052
C-----	LPES0053
C	LPES0054
110 CALL ERRO (19)	LPES0055
RETURN	LPES0056
120 CALL ERRO (20)	LPES0057
RETURN	LPES0058

130 CALL ERRO (23)  
RETURN  
END

LPES0059  
LPES0060  
LPES0061

SUBROUTINE LREST	LREST001
C	LREST002
C-----	LREST003
C	LREST004
C          LEITURA DAS RESTRICOES NDAIS	LREST005
C	LREST006
C-----	LREST007
C	LREST008
C	LREST009
C-----  VARIAVEIS GLOBAIS:	LREST010
C	LREST011
LOGICAL	LREST012
-  FALSE,	LREST013
-  LISTI	LREST014
C	LREST015
COMMON	LREST016
-  /COORD/ NNC, NMNC	LREST017
-  /LISTA/ NNOS, LIST (1001)	LREST018
-  /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101)	LREST019
C	LREST020
C	LREST021
C-----  VARIAVEIS LOCAIS:	LREST022
C	LREST023
LOGICAL	LREST024
-  DLID (3)          Z INDICA DIRECAO LIDA	LREST025
C	LREST026
INTEGER	LREST027
-  I,                Z INDICE GERAL	LREST028
-  IC00,             Z INDICE AUXILIAR	LREST029
-  J,                Z INDICE GERAL	LREST030
-  IDIR (3),         Z CODIGOS DAS DIRECOES LIDAS	LREST031
-  NDA0,             Z NUMERO DE DADOS LIDOS	LREST032
-  NDIR,             Z NUMERO DA DIRECAO RESTRITA	LREST033
-  NO                Z NUMERO DE NO	LREST034
C	LREST035
C	LREST036
C-----  PROCEDIMENTOS.	LREST037
C	LREST038
IES = IES + 1	LREST039
IF (IES .GT. NES) GO TO 100	LREST040
IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 220	LREST041
IC00 = RLIS (IES)	LREST042
IF (IC00 .NE. 18) GO TO 220	LREST043
IES = IES + 1	LREST044
IF (IES .LE. NES) GO TO 210	LREST045
100 CONTINUE	LREST046
IF (LISTI (NNC)) RETURN	LREST047
IF (IES .EQ. NES) GO TO 150	LREST048
NDA0 = 0	LREST049
DLID (1) = .FALSE.	LREST050
DLID (2) = .FALSE.	LREST051
DLID (3) = .FALSE.	LREST052
110 CONTINUE	LREST053
IES = IES + 1	LREST054
IF (IES .GT. NES) GO TO 120	LREST055
IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 180	LREST056
NDIR = RLIS (IES) - 28	LREST057
IF (NDIR .LT. 1 .OR. NDIR .GT. 3) GO TO 140	LREST058

IF (DLID (NDIR)) GO TO 193	LREST059
NOAD = NOAD + 1	LREST060
IDIR (NOAD) = NDIR	LREST061
DLID (NDIR) = .TRUE.	LREST062
GO TO 110	LREST063
120 CONTINUE	LREST064
DO 140 I = 1, NOAD	LREST065
NOIR = IDIR (I)	LREST066
DO 130 J = 1, NNOS	LREST067
NO = LIST (J)	LREST068
IF (NO .GT. NNC) GO TO 140	LREST069
IF (.FALSE. (NO, 8)) GO TO 130	LREST070
CALL BITON (NO, NDIR)	LREST071
CALL BITON (NO, 7)	LREST072
130 CONTINUE	LREST073
140 CONTINUE	LREST074
GO TO 100	LREST075
150 CONTINUE	LREST076
DO 170 I = 1, 3	LREST077
DO 160 J = 1, NNOS	LREST078
NO = LIST (J)	LREST079
IF (NO .GT. NNC) GO TO 170	LREST080
IF (.FALSE. (NO, 8)) GO TO 160	LREST081
CALL BITOF (NO, I)	LREST082
CALL BITOF (NO, 7)	LREST083
160 CONTINUE	LREST084
170 CONTINUE	LREST085
GO TO 100	LREST086
C	LREST087
C----- ERRQS.	LREST088
C	LREST089
180 CALL ERRO (19)	LREST090
GO TO 100	LREST091
190 CALL ERRO (20)	LREST092
GO TO 100	LREST093
200 CALL ERRO (17)	LREST094
RETURN	LREST095
210 CALL ERRO (5)	LREST096
RETURN	LREST097
220 CALL ERRO (2)	LREST098
RETURN	LREST099
END	LREST100

```

SUBROUTINE LROTA                                LROTA001
C                                                  LROTA002
C-----LROTA003
C                                                  LROTA004
C          LEITURA DOS ANGULOS DE ROTACAO DO SISTEMA ATUAL  LROTA005
C-----LROTA006
C                                                  LROTA007
C                                                  LROTA008
C                                                  LROTA009
C-----VARIAVEIS GLOBAIS:                        LROTA010
C                                                  LROTA011
C          LOGICAL                                       LROTA012
C          - NOT                                         LROTA013
C                                                  LROTA014
C          COMMON                                       LROTA015
C          - /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101)   LROTA016
C          - /SISTE/ NROT, XO, YO, ZO, RXX, RXY, RXZ, RYX, RYY, RYZ, LROTA017
C          - RZX, RZY, RZZ                             LROTA018
C                                                  LROTA019
C                                                  LROTA020
C-----VARIAVEIS LOCAIS:                        LROTA021
C                                                  LROTA022
C                                                  LROTA023
C          LOGICAL                                       LROTA024
C          - ALID (3)          X INOICA ANGULO LIDO      LROTA025
C                                                  LROTA026
C          INTEGER                                       LROTA027
C          - ICOD          X CODIGO DO ANGULO LIDO       LROTA028
C-----LROTA029
C          REAL                                           LROTA030
C          - AUX (3),          X VETOR AUXILIAR         LROTA031
C          - CALFA,          X COSENO DO ANGULO ALFA    LROTA032
C          - CBETA,          X COSENO DO ANGULO BETA    LROTA033
C          - CGAMA,          X COSENO DO ANGULO GAMA    LROTA034
C          - SALFA,          X SEN0 DO ANGULO ALFA      LROTA035
C          - SBETA,          X SEN0 DO ANGULO BETA      LROTA036
C          - SGAMA,          X SEN0 DO ANGULO GAMA      LROTA037
C-----LROTA038
C          REAL*8                                           LROTA039
C          - ALFA,          X ANGULO DE ROTACAO ALFA    LROTA040
C          - BETA,          X ANGULO DE ROTACAO BETA    LROTA041
C          - GAMA,          X ANGULO DE ROTACAO GAMA    LROTA042
C          - GRAD          X TRANSFORMA GRAUS EM RADIANOS LROTA043
C-----LROTA044
C          DATA                                           LROTA045
C          - GRAD / 0.0174532925199432957692363 /      LROTA046
C-----LROTA047
C          PROCEDIMENTOS.                                LROTA048
C-----LROTA049
C-----LROTA050
C          AUX (1) = 0.                                     LROTA051
C          AUX (2) = 0.                                     LROTA052
C          AUX (3) = 0.                                     LROTA053
C          ALID (1) = .FALSE.                               LROTA054
C          ALID (2) = .FALSE.                               LROTA055
C          ALID (3) = .FALSE.                               LROTA056
100 CONTINUE                                           LROTA057
IES = IES + 1                                           LROTA058

```

IF (IES .GT. NES) GO TO 140	LROTA059
IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 110	LROTA060
ICOD = RLIS (IES) - 46	LROTA061
IF (ICOD .LT. 1 .OR. ICOD .GT. 3) GO TO 110	LROTA062
IF (ALID (ICOD)) GO TO 120	LROTA063
ALID (ICOD) = .TRUE.	LROTA064
IES = IES + 1	LROTA065
IF (ILS .GT. NES) GO TO 130	LROTA066
IF (ITIP (IES) .NE. 2 .AND. ITIP (IES) .NE. 3) GO TO 130	LROTA067
AUX (ICOD) = RLIS (IES)	LROTA068
GO TO 100	LROTA069
C	LROTA070
C----- ERROS.	LROTA071
C	LROTA072
110 CALL ERRO (32)	LROTA073
RETURN	LROTA074
120 CALL ERRO (33)	LROTA075
RETURN	LROTA076
130 CALL ERRO (23)	LROTA077
RETURN	LROTA078
C	LROTA079
C----- CALCULO DOS COEFICIENTES DE ROTACAO.	LROTA080
C	LROTA081
140 CONTINUE	LROTA082
ALFA = AUX (1) * GRAD	LROTA083
BETA = AUX (2) * GRAD	LROTA084
GAMA = AUX (3) * GRAD	LROTA085
NROT = ALFA .EQ. 0 .AND. BETA .EQ. 0 .AND.	LROTA086
GAMA .EQ. 0	LROTA087
CALFA = DCOS (ALFA)	LROTA088
CBETA = DCOS (BETA)	LROTA089
CGAMA = DCOS (GAMA)	LROTA090
SALFA = DSIN (ALFA)	LROTA091
SBETA = DSIN (BETA)	LROTA092
SGAMA = DSIN (GAMA)	LROTA093
RXX = CALFA * CBETA	LROTA094
RXY = CALFA * SBETA + SGAMA * SALFA * CGAMA	LROTA095
RXZ = CALFA * SBETA * CGAMA + SALFA * SGAMA	LROTA096
RYX = SALFA * CBETA	LROTA097
RYT = CALFA * CGAMA + SALFA * SBETA * SGAMA	LROTA098
RYZ = - CALFA * SGAMA + SALFA * SBETA * CGAMA	LROTA099
RZX = - SBETA	LROTA100
RZY = CBETA * SGAMA	LROTA101
RZZ = CBETA * CGAMA	LROTA102
RETURN	LROTA103
END	LROTA104

SUBROUTINE LTCAR	LTCAR001
- (NLIT)	LTCAR002
C	LTCAR003
C-----	LTCAR004
C	LTCAR005
C          LEITURA DO NUMERO E DO TITULO DO CARREGAMENTO	LTCAR006
C	LTCAR007
C-----	LTCAR008
C	LTCAR009
C	LTCAR010
C-----  PARAMETROS FORMAIS:	LTCAR011
C	LTCAR012
LOGICAL	LTCAR013
-  NLIT                  X INDICADOR DE LEITURA DO TITULO	LTCAR014
X (.TRUE. NAO LE E .FALSE. LE)	LTCAR015
C	LTCAR016
C	LTCAR017
C-----  VARIAVEIS GLOBAIS:	LTCAR018
C	LTCAR019
COMMON	LTCAR020
-  /ARQUI/ NAL	LTCAR021
-  /CARRE/ NCA, NCC, NMCC, RNCA (12), RNOMC (12, 1)	LTCAR022
-  /REGIS/ IES, NES, IFIP (101), RLIS (101), IAPR, IREG (72)	LTCAR023
C	LTCAR024
C	LTCAR025
C-----  VARIAVEIS LOCAIS:	LTCAR026
C	LTCAR027
INTEGER	LTCAR028
-  I                    X INDICE GERAL	LTCAR029
C	LTCAR030
REAL	LTCAR031
-  AUX (12)	LTCAR032
C	LTCAR033
C	LTCAR034
C-----  PROCEDIMENTOS.	LTCAR035
C	LTCAR036
IES = IES + 1	LTCAR037
IF (IES .GT. NES .OR. IFIP (IES) .NE. 2) GO TO 120	LTCAR038
NCA = RLIS (2)	LTCAR039
IF (NCA .LT. 1 .OR. NCA .GT. NMCC) GO TO 140	LTCAR040
IF (NCA .GT. NCC) NCC = NCA	LTCAR041
IF (NLIT) GO TO 110	LTCAR042
IES = IES + 1	LTCAR043
IF (IES .LE. NES) GO TO 130	LTCAR044
CALL LEREG	LTCAR045
IAPR = 73	LTCAR046
WRITE (AUX, 1000) IREG	LTCAR047
DO 100 I = 1, 12	LTCAR048
RNOMC (I, NCA) = AUX (I)	LTCAR049
100 CONTINUE	LTCAR050
110 WRITE (RNCA) (RNOMC (I, NCA), I = 1, 12)	LTCAR051
RETURN	LTCAR052
C	LTCAR053
C-----  ERR05.	LTCAR054
C	LTCAR055
120 CALL ERRO (24)	LTCAR056
RETURN	LTCAR057
130 CALL ERRO (5)	LTCAR058

RETURN

149 CALL ERRO (8)

RETURN

1000 FORMAT (7201)

END

LTCAR059

LTCAR060

LTCAR061

LTCAR062

LTCAR063



SUBROUTINE LTEMP	LTEMP001
C	LTEMP002
C-----	LTEMP003
C	LTEMP004
C          LEITURA DAS TEMPERATURAS NODAIS	LTEMP005
C	LTEMP006
C-----	LTEMP007
C	LTEMP008
C	LTEMP009
C-----          VARIAVEIS GLOBAIS:	LTEMP010
C	LTEMP011
LOGICAL	LTEMP012
-  EXTPT,	LTEMP013
-  FALSE,	LTEMP014
-  LIST1	LTEMP015
C	LTEMP016
COMMON	LTEMP017
-  /COORD/ NNC	LTEMP018
-  /INTER/ NNI, NMNI, XI (3, 1001)	LTEMP019
-  /LISTA/ NNOS, LIST (1001)	LTEMP020
-  /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101)	LTEMP021
-  /TEMPE/ EXTPT, CO, TEMPC (1001), GRAD (3, 1001), TEMPI (1001)	LTEMP022
C	LTEMP023
C	LTEMP024
C-----          VARIAVEIS LOCAIS:	LTEMP025
C	LTEMP026
INTEGER	LTEMP027
-  I,                  Z INDICE GERAL	LTEMP028
-  ICOD,              Z INDICE AUXILIAR	LTEMP029
-  NO,                Z NUMERO DO NO	LTEMP030
C	LTEMP031
REAL	LTEMP032
-  TEMP              Z TEMPERATURA DO NO	LTEMP033
C	LTEMP034
C	LTEMP035
C-----          PROCEDIMENTOS.	LTEMP036
C	LTEMP037
EXTPT = .TRUE.	LTEMP038
IES = IES + 1	LTEMP039
IF (IES .GT. NES) GO TO 160	LTEMP040
IF (ITIP (IES) .NE. 1) GO TO 230	LTEMP041
ICOD = RLIS (IES) - 14	LTEMP042
IF (ICOD .LT. 1 .OR. ICOD .GT. 2) GO TO 170	LTEMP043
IES = IES + 1	LTEMP044
IF (IES .LE. NES) GO TO 180	LTEMP045
GO TO (100, 130) ICOD	LTEMP046
C	LTEMP047
C-----          CONTORNO.	LTEMP048
C	LTEMP049
100 CONTINUE	LTEMP050
IF (LIST1 (NNC)) RETURN	LTEMP051
TEMP = 0.	LTEMP052
IES = IES + 1	LTEMP053
IF (IES .GT. NES) GO TO 110	LTEMP054
IF (ITIP (IES) .NE. 2 .AND. ITIP (IES) .NE. 3) GO TO 190	LTEMP055
TEMP = RLIS (IES)	LTEMP056
IF (IES .LT. NES) GO TO 200	LTEMP057
110 CONTINUE	LTEMP058

DO 120 I = 1, NNDS.	LTEMP059
NO = LIST (I)	LTEMP060
IF (NO .GT. NMC) GO TO 100	LTEMP061
IF (FALSE (NO, 8)) GO TO 120	LTEMP062
TEMPC (NO) = TEMP	LTEMP063
120 CONTINUE	LTEMP064
GO TO 100	LTEMP065
C	LTEMP066
C----- INTERIOR.	LTEMP067
C	LTEMP068
130 CONTINUE	LTEMP069
IF (LIST1 (NNI)) RETURN	LTEMP070
TEMP = 0.	LTEMP071
IES = IES + 1	LTEMP072
IF (IES .GT. NES) GO TO 140	LTEMP073
IF (ITIP (IES) .NE. 2 .AND. ITIP (IES) .NE. 3) GO TO 210	LTEMP074
TEMP = RLIS (IES)	LTEMP075
IF (IES .LT. NES) GO TO 220	LTEMP076
140 CONTINUE	LTEMP077
DO 150 I = 1, NNDS	LTEMP078
NO = LIST (I)	LTEMP079
IF (NO .GT. NNI) GO TO 100	LTEMP080
IF (FALSE (NO, 9)) GO TO 150	LTEMP081
TEMPI (NO) = TEMP	LTEMP082
150 CONTINUE	LTEMP083
GO TO 130	LTEMP084
C	LTEMP085
C----- ERRDS.	LTEMP086
C	LTEMP087
160 CALL ERRO (6)	LTEMP088
RETURN	LTEMP089
170 CALL ERRO (17)	LTEMP090
RETURN	LTEMP091
180 CALL ERRO (5)	LTEMP092
RETURN	LTEMP093
190 CALL ERRO (23)	LTEMP094
GO TO 100	LTEMP095
200 CALL ERRO (35)	LTEMP096
GO TO 100	LTEMP097
210 CALL ERRO (23)	LTEMP098
GO TO 130	LTEMP099
220 CALL ERRO (35)	LTEMP100
GO TO 130	LTEMP101
230 CALL ERRO (2)	LTEMP102
RETURN	LTEMP103
END	LTEMP104

```

SUBROUTINE LTITU                                LTITU001
C                                                LTITU002
C-----LTITU003
C                                                LTITU004
C          LEITURA DO NOME DO TRABALHO          LTITU005
C                                                LTITU006
C-----LTITU007
C                                                LTITU008
C                                                LTITU009
C          LE O NOME DO TRABALHO QUE ESTA CONTIDO NOS LTITU010
C          TRES REGISTROS SEGUINTE AO COMANDO TITULO. LTITU011
C                                                LTITU012
C                                                LTITU013
C-----VARIAVEIS GLOBAIS:                        LTITU014
C                                                LTITU015
C          LOGICAL                                LTITU016
C          - IMPH,                                LTITU017
C          - RESUL                                LTITU018
C                                                LTITU019
C          COMMON                                LTITU020
C          - /ARGUI/ NAL                          LTITU021
C          - /ESTAT/ RESUL, IMPH, NRL              LTITU022
C          - /REGIS/ IES, NES, ITIP (101), RLIS (101), IAPR, IREG (72) LTITU023
C          - /TITUL/ NLIN, NMLIN, RNOME (12, 3)    LTITU024
C                                                LTITU025
C                                                LTITU026
C-----VARIAVEIS LOCAIS:                        LTITU027
C                                                LTITU028
C          INTEGER                                LTITU029
C          - I,                                  Z INDICE GERAL LTITU030
C          - INOME (72, 3),                      Z MATRIZ AUXILIAR QUE CONTEM AS TRES LTITU031
C          - J,                                  Z LINHAS DO TITULO EM FORMATO C1 LTITU032
C          - NMCT,                               Z INDICE GERAL LTITU033
C          - NMCT,                               Z NUM. MAX. DE CARACTERES DO TITULO LTITU034
C                                                LTITU035
C                                                LTITU036
C-----PROCEDIMENTOS.                          LTITU037
C-----LTITU038
C          CALL INICI                            LTITU039
C          NMCT = 3 + 72                          LTITU040
C          WRITE (INOME) (' ', I = 1, NMCT)        LTITU041
C          IES = IES + 1                           LTITU042
C          IF (IES .LE. NES) GO TO 120              LTITU043
C          DO 110 J = 1, 3                          LTITU044
C              CALL LEREG                          LTITU045
C              DO 100 I = 1, 72                     LTITU046
C                  INOME (I, J) = IREG (I)         LTITU047
C          100 CONTINUE                             LTITU048
C          110 CONTINUE                             LTITU049
C              IAPR = 73                            LTITU050
C              WRITE (RNOME, 1000) INOME            LTITU051
C              RETURN                               LTITU052
C          120 CALL ERRO (5)                        LTITU053
C              RETURN                               LTITU054
C          1000 FORMAT (240C1)                     LTITU055
C          END                                     LTITU056

```

```

SUBROUTINE MDES�                                     MDESLO01
C                                                     MDESLO02
C-----MDESLO03
C                                                     MDESLO04
C          MONTAGEM DA MATRIZ DE DESLOCAMENTOS RESULTANTES MDESLO05
C                                                     MDESLO06
C-----MDESLO07
C                                                     MDESLO08
C                                                     MDESLO09
C                                                     MDESLO10
C          OBS: ALEM DE MONTAR O VETOR DE DESLOCAMENTOS A MDESLO11
C          ROTINA MULTIPLICA AS FORÇAS DE SUPERFICIE MDESLO12
C          PELA UNIDADE DE FORÇA DE SUPERFICIE 'UF'. MDESLO13
C                                                     MDESLO14
C                                                     MDESLO15
C-----VARIÁVEIS GLOBAIS: MDESLO16
C                                                     MDESLO17
C                                                     MDESLO18
C          LOGICAL MDESLO19
C          - TRUE MDESLO20
C                                                     MDESLO21
C          COMMON MDESLO22
C          - /ARQUI/ NAL, NAI, NAR, NAM, NADC MDESLO23
C          - /CONST/ E, CP, PE, COL, NPICG, NPICE, NPIL, UD, UF MDESLO24
C          - /COORD/ NNC MDESLO25
C          - /DESLO/ UC (3, 1001) MDESLO26
C          - /INCOG/ NI, NMI, NO, NOP, NDI, NFI, C (3033) MDESLO27
C                                                     MDESLO28
C          REAL XXX PRECISAO SIMPLES XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX MDESLO29
C          REAL*8 XXX PRECISAO DUPLA XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX MDESLO30
C          - C X VETOR DOS TERMOS INDEPENDENTES MDESLO31
C                                                     MDESLO32
C                                                     MDESLO33
C-----VARIÁVEIS LOCAIS: MDESLO34
C                                                     MDESLO35
C          INTEGER MDESLO36
C          - I, X INDICE DE INCOGNITA MDESLO37
C          - J, X INDICE DE DIRECAO MDESLO38
C          - NO X NUMERO DE NO* MDESLO39
C                                                     MDESLO40
C                                                     MDESLO41
C-----PROCEDIMENTOS. MDESLO42
C                                                     MDESLO43
C          I = 0 MDESLO44
C          DO 150 NO = 1, NNC MDESLO45
C              DO 120 J = 1, 3 MDESLO46
C                  I = I + 1 MDESLO47
C                  IF (TRUE (NO, J)) GO TO 100 MDESLO48
C                  UC (J, NO) = C (I) * UD MDESLO49
C                  GO TO 110 MDESLO50
C          100 CONTINUE MDESLO51
C              C (I) = C (I) + UF MDESLO52
C          110 CONTINUE MDESLO53
C          120 CONTINUE MDESLO54
C                                                     MDESLO55
C-----ARMAZENAMENTO DOS DESLOCAMENTOS NO ARQUIVO NADC MDESLO56
C                                                     MDESLO57
C          WRITE (NADC) UC (1, NO), UC (2, NO), UC (3, NO) MDESLO58

```

130 CONTINUE  
LOCK (NACC)  
RETURN  
END

MOESL059  
MOESL060  
MOESL051  
MOESL052

```

SUBROUTINE MFORC
C
C-----MFORC001
C-----MFORC002
C-----MFORC003
C-----MFORC004
C          MONTAGEM DA MATRIZ RESULTANTE DE FORÇAS DE SUPERFICIE MFORC005
C-----MFORC006
C-----MFORC007
C-----MFORC008
C-----MFORC009
C-----VARIÁVEIS GLOBAIS: MFORC010
C-----MFORC011
C          LOGICAL MFORC012
C          - FALSE MFORC013
C-----MFORC014
C          COMMON MFORC015
C          - /ARQUI/ NAL, NAI, NAR, NAM, NADC, NADI, NAFS MFORC016
C          - /CONET/ NEL, NNE, ICON (3, 1001) MFORC017
C          - /FORCA/ FN (3003), FE (3, 3, 1001) MFORC018
C          - /INCOG/ NI, NNI, NO, NOP, NOI, MFI, C (3003) MFORC019
C-----MFORC020
C          REAL XXX PRECISAO SIMPLES XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX MFORC021
C          REAL*8 XXX PRECISAO DUPLA XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX MFORC022
C          - C X VETOR DOS TERMOS INDEPENDENTES MFORC023
C-----MFORC024
C-----MFORC025
C-----VARIÁVEIS LOCAIS: MFORC026
C-----MFORC027
C          INTEGER MFORC028
C          - I, X INDICE DE DIRECAO MFORC029
C          - I3, X INDICE AUXILIAR MFORC030
C          - II, X INDICE AUXILIAR MFORC031
C          - L, X NUMERO DE ORDEM DE NO DE ELEMENTO MFORC032
C          - NE, X NUMERO DE ELEMENTO MFORC033
C-----MFORC034
C-----MFORC035
C-----PROCEDIMENTOS. MFORC036
C-----MFORC037
C          DO 120 NE = 1, NEL MFORC038
C          DO 110 I = 1, 3 MFORC039
C          IF (FALSE (NE, I + 3)) GO TO 110 MFORC040
C          I3 = I - 3 MFORC041
C          DO 100 L = 1, 3 MFORC042
C          II = ICON (L, NE) + 3 + I3 MFORC043
C          FE (I, L, NE) = C (II) MFORC044
C          100 CONTINUE MFORC045
C          110 CONTINUE MFORC046
C-----MFORC047
C-----ARMAZENAMENTO DAS FORÇAS DE SUPERFICIE NO ARQUIVO NAFS MFORC048
C-----MFORC049
C          WRITE (NAFS) FE (1, 1, NE), FE (2, 1, NE), FE (3, 1, NE), MFORC050
C          FE (1, 2, NE), FE (2, 2, NE), FE (3, 2, NE), MFORC051
C          FE (1, 3, NE), FE (2, 3, NE), FE (3, 3, NE) MFORC052
C          120 CONTINUE MFORC053
C          LOCK (NAFS) MFORC054
C          RETURN MFORC055
C          END MFORC056

```

```

SUBROUTINE MSIST
- (A, NLB, NLM, NTB)

C
C-----MSIST001
C-----MSIST002
C-----MSIST003
C-----MSIST004
C-----MSIST005
C-----MONTAGEM DO SISTEMA DE EQUACOES-----MSIST006
C-----MSIST007
C-----MSIST008
C-----MSIST009
C-----MSIST010
C-----VARIAVEIS GLOBAIS:-----MSIST011
C-----MSIST012
C      LOGICAL-----MSIST013
C      - EXPES,-----MSIST014
C      - EXTPT,-----MSIST015
C      - FALSE-----MSIST016
C-----MSIST017
C      COMMON-----MSIST018
C      - /ARQUI/ NAL, NAI, NAR, NAM-----MSIST019
C      - /CONET/ NEL, NME, ICON (3, 1001)-----MSIST020
C      - /CONST/ E, CP, PE, COL, NPICG, NPICE, NPFI, UD, UF, C1,-----MSIST021
C      - C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12,-----MSIST022
C      - C13, C14, C15, C16, RM (3, 202), RN (3, 202)-----MSIST023
C      - /COORD/ NHC, NMNC, XC (3, 1001)-----MSIST024
C      - /DESLO/ UC (3, 1001)-----MSIST025
C      - /FORCA/ FN (3, 1001), FE (3, 3, 1001)-----MSIST026
C      - /INCOG/ NI, NMI, ND, NDP, NDI, NFI, C (3, 1001)-----MSIST027
C      - /NORMA/ VN (3, 1001), G (1001)-----MSIST028
C      - /PESOP/ EXPES, AG (3), FI (1001), DFI (1001)-----MSIST029
C      - /TEMPE/ EXTPT, C3, TEMPC (1001), GRAD (3, 1001)-----MSIST030
C-----MSIST031
C      REAL-----XXX PRECISAO SIMPLES XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXMSIST032
C      REAL*8-----XXX PRECISAO DUPLA XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXMSIST033
C      - C,-----X VETOR DOS TERMOS INDEPENDENTES-----MSIST034
C      - VET (3003)-----X VETOR DOS TERMOS INDEPENDENTES-----MSIST035
C-----MSIST036
C      EQUIVALENCE-----MSIST037
C      - (C, VET)-----MSIST038
C-----MSIST039
C-----MSIST040
C-----PARAMETROS FORMAIS:-----MSIST041
C-----MSIST042
C      INTEGER-----MSIST043
C      - NLB,-----X NUMERO DE LINHAS DO BLOCO-----MSIST044
C      - NLM,-----X NUMERO DE LINHAS DA MATRIZ DE TRABALHO-----MSIST045
C      - NTB,-----X NUMERO TOTAL DE BLOCOS-----MSIST046
C-----MSIST047
C      REAL-----XXX PRECISAO SIMPLES XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXMSIST048
C      REAL*8-----XXX PRECISAO DUPLA XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXMSIST049
C      - A (NLM, NT)-----X MATRIZ DE TRABALHO-----MSIST050
C-----MSIST051
C-----MSIST052
C-----VARIAVEIS LOCAIS:-----MSIST053
C-----MSIST054
C      INTEGER-----MSIST055
C      - I,-----X INDICE GERAL-----MSIST056
C      - IV3,-----X INDICE DE PRIMEIRA LINHA DA MATRIZ DOS-----MSIST057
C      ------X TERMOS INDEPENDENTES PARA PONTO *NP*-----MSIST058

```

- IC3.	X INDICE DE PRIMEIRA COLUNA DA MATRIZ DE	MSIST059
-	X TRABALHO PARA PONTO 'NP'	MSIST060
- ICD.	X INDICE DE COLUNA DA FAIXA DIAGONAL	MSIST061
- ICM.	X INDICE DE COLUNA DA MATRIZ DE TRABALHO	MSIST062
- IL3.	X INDICE DE PRIMEIRA LINHA DA MATRIZ DE	MSIST063
-	X TRABALHO PARA PONTO 'NP'	MSIST064
- ILIB2.	X INDICE DA LINHA INICIAL DO BLOCO 2	MSIST065
- ILH.	X INDICE DE LINHA DA MATRIZ DE TRABALHO	MSIST066
- IPIV.	X INDICE DE LINHA DE PIVO	MSIST067
- ILVP.	X INDICE DE LINHA DA MATRIZ DOS TERMOS	MSIST068
-	X INDEPENDENTES PARA O PIVO	MSIST069
- J.	X INDICE GERAL	MSIST070
- L.	X INDICE GERAL	MSIST071
- NE.	X NUMERO DE ELEMENTO	MSIST072
- N01.	X NUMERO DE PRIMEIRO NO DE ELEMENTO	MSIST073
- N02.	X NUMERO DE SEGUNDO NO DE ELEMENTO	MSIST074
- N03.	X NUMERO DE TERCEIRO NO DE ELEMENTO	MSIST075
- NP.	X PONTO DE APLICACAO DA CARGA UNITARIA	MSIST076
- NQ.	X PONTO 'Q' DE INTEGRACAO ATUAL	MSIST077
- NPI.	X NUMERO DE ORDEM DO PONTO DE INTEGRACAO	MSIST078
- NPI1.	X NUMERO DO PRIMEIRO PONTO DE INTEGRACAO	MSIST079
- NPI2.	X NUMERO DO ULTIMO PONTO DE INTEGRACAO	MSIST080
- CONEL (3)	X CONECTIVIDADE DO ELEMENTO ATUAL	MSIST081

C

MSIST082

REAL	XXX PRECISAO SIMPLES XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	MSIST083
------	---	----------

C REAL*8	XXX PRECISAO DUPLA XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	MSIST084
----------	---	----------

-	X VARIAVEIS AUXILIARES	MSIST085
- AUX.	X	MSIST086
- A1.	X	MSIST087
- A2.	X	MSIST088
- A3.	X	MSIST089
- A4.	X	MSIST090
- A5.	X	MSIST091
- A6.	X	MSIST092
- A7.	X	MSIST093
- A8.	X	MSIST094
- A9.	X	MSIST095
- A10.	X	MSIST096
- A11.	X	MSIST097
- A12.	X	MSIST098
- A13.	X	MSIST099
- A14.	X	MSIST100
- A15.	X	MSIST101
- A16.	X	MSIST102
- A17.	X	MSIST103
- A18.	X	MSIST104
- A19.	X	MSIST105
- A20.	X	MSIST106
- A21.	X	MSIST107
- A22.	X	MSIST108
- A23.	X	MSIST109
- A24.	X	MSIST110
- A31.	X	MSIST111
- A32.	X	MSIST112
- A33.	X	MSIST113
- CINP.	X	MSIST114
- COS1.	X	MSIST115
- COS2.	X	MSIST116



- C0S3,	Z	MSISF117
- C1C1,	Z	MSISF118
- C1C2,	X	MSISF119
- C1C202,	Z	MSISF120
- C1C3,	Z	MSISF121
- C1D2,	Z	MSISF122
- C1DC3,	X	MSISF123
- C1H1,	Z	MSISF124
- C1S3,	Z	MSISF125
- C3C3,	Z	MSISF126
- C30C1,	Z	MSISF127
- C5C1C2,	Z	MSISF128
- C5D2,	Z	MSISF129
- C5D3,	Z	MSISF130
- C5D4,	X	MSISF131
- C5D6,	X	MSISF132
- DCOS1,	Z	MSISF133
- DS1C1,	Z	MSISF134
- D12,	X	MSISF135
- D13,	X	MSISF136
- D23,	X	MSISF137
- H1,	X	MSISF138
- H1C,	Z	MSISF139
- H1Q,	X	MSISF140
- LNF,	Z	MSISF141
- L12,	Z	MSISF142
- L13,	X	MSISF143
- P1C2,	X	MSISF144
- P1V0,	Z	MSISF145
- QS1S1,	X	MSISF146
- R,	Z	MSISF147
- RQ,	Z	MSISF148
- RJRK2,	Z	MSISF149
- RKR2,	Z	MSISF150
- RKRLNL,	Z	MSISF151
- RLNL,	X	MSISF152
- RLNLC4,	X	MSISF153
- SEN1,	X	MSISF154
- SEN2,	Z	MSISF155
- SEN3,	Z	MSISF156
- S1C1,	Z	MSISF157
- S1C3,	Z	MSISF158
- S1S1,	Z	MSISF159
- S1S3,	Z	MSISF160
- S3C3,	Z	MSISF161
- S3S3,	Z	MSISF162
- TJ,	X	MSISF163
- TS1C1,	Z	MSISF164
- TS1S1,	Z	MSISF165
-	X COEFICIENTES DE MATRIZ DE ROTACION	MSISF166
- E11,	X	MSISF167
- E12,	X	MSISF168
- E13,	X	MSISF169
- E21,	X	MSISF170
- E22,	X	MSISF171
- E23,	X	MSISF172
- E31,	X	MSISF173
- E32,	X	MSISF174

-	ESS.	X	MSIST175
-		X FUNCOES EM PONTOS NODAIS DE ELEMENTO	MSIST176
-	FIE (3).	X POTENCIAL GRAVITACIONAL ESPECIFICO	MSIST177
-	FTE (3).	X SOMA DO POTENCIAL GRAVITACIONAL	MSIST178
-		X ESPECIFICO MAIS A TEMPERATURA	MSIST179
-	GFIE.	X GRADIENTE DO POTENCIAL GRAVITACIONAL	MSIST180
-		X ESPECIFICO (CONSTANTE PARA O ELEMENTO)	MSIST181
-	GRA (3).	X SOMA DOS GRADIENTES DE TEMPERATURA E	MSIST182
-		X DO POTENCIAL GRAVITACIONAL ESPECIFICO	MSIST183
-	JACOB.	X JACOBIANO DO ELEMENTO (AREA DUPLA)	MSIST184
-	TPT (3).	X TEMPERATURA	MSIST185
-		X FUNCOES EM PONTO DE INTEGRACAO	MSIST186
-	FINQ.	X POTENCIAL GRAVITACIONAL ESPECIFICO	MSIST187
-	FINQ.	X SOMA DO POTENCIAL GRAVITACIONAL ESP.	MSIST188
-		X E DA TEMPERATURA	MSIST189
-	GRNQ.	X SOMA DOS GRADIENTES DO POTENCIAL GRAV.	MSIST190
-		X ESPECIFICO E DA TEMPERATURA	MSIST191
-		X PARCELAS DA INTEGRACAO EXATA	MSIST192
-	IT13N2.	X	MSIST193
-	IT13N3.	X	MSIST194
-	IT23N2.	X	MSIST195
-	IT23N3.	X	MSIST196
-	IT31N2.	X	MSIST197
-	IT31N3.	X	MSIST198
-	IT32N2.	X	MSIST199
-	IT32N3.	X	MSIST200
-	IU11N1.	X	MSIST201
-	IU11N2.	X	MSIST202
-	IU11N3.	X	MSIST203
-	IU12N1.	X	MSIST204
-	IU12N2.	X	MSIST205
-	IU12N3.	X	MSIST206
-	IU21N1.	X	MSIST207
-	IU21N2.	X	MSIST208
-	IU21N3.	X	MSIST209
-	IU22N1.	X	MSIST210
-	IU22N2.	X	MSIST211
-	IU22N3.	X	MSIST212
-	IU33N1.	X	MSIST213
-	IU33N2.	X	MSIST214
-	IU33N3.	X	MSIST215
-	IX3N1.	X	MSIST216
-	IX3N2.	X	MSIST217
-	IX3N3.	X	MSIST218
-	IY1N1.	X	MSIST219
-	IY1N2.	X	MSIST220
-	IY1N3.	X	MSIST221
-	IY2N1.	X	MSIST222
-	IY2N2.	X	MSIST223
-	IY2N3.	X	MSIST224
-	IZ3N1.	X	MSIST225
-	IZ3N2.	X	MSIST226
-	IZ3N3.	X	MSIST227
-		X FUNCOES DE INTERPOLACAO	MSIST228
-	M1.	X	MSIST229
-	M2.	X	MSIST230
-	M3.	X	MSIST231
-	N1.	X	MSIST232

-	N2.	X	MSIST233
-	N3.	X	MSIST234
-	T (18).	X TENSORES	MSIST235
-	TN (54).	X TENSORES X FUNCAO DE INTERPOLACAO	MSIST236
-	TTN (3, 3, 3).	X	MSIST237
-	TUN (3, 3, 3).	X	MSIST238
-	TXN (3, 3).	X	MSIST239
-	TYN (3, 3).	X	MSIST240
-	TZN (3, 3).	X	MSIST241
-		X COMPONENTES DA NORMAL DO ELEMENTO	MSIST242
-	VN1.	X	MSIST243
-	VN2.	X	MSIST244
-	VN3.	X	MSIST245
-		X COORDENADAS DO PONTO *P* DE APLICACAO	MSIST246
-		X DA CARGA UNIFARIA	MSIST247
-	XP1.	X	MSIST248
-	XP2.	X	MSIST249
-	XP3.	X	MSIST250
-		X COORDENADAS DO PONTO *Q* DE	MSIST251
-		X INTEGRACAO ATUAL	MSIST252
-	XQ1.	X	MSIST253
-	XQ2.	X	MSIST254
-	XQ3.	X	MSIST255
-		X DIFERENCAS ENTRE AS COORDENADAS	MSIST256
-		X DOS PONTOS *Q* E *P*	MSIST257
-	XQP1.	X	MSIST258
-	XQP2.	X	MSIST259
-	XQP3.	X	MSIST260
-		X COORDENADAS DE PONTOS NODAIS DE ELEMENTO	MSIST261
-	X11.	X	MSIST262
-	X12.	X	MSIST263
-	X13.	X	MSIST264
-	X21.	X	MSIST265
-	X22.	X	MSIST266
-	X23.	X	MSIST267
-	X31.	X	MSIST268
-	X32.	X	MSIST269
-	X33.	X	MSIST270
C			MSIST271
	EQUIVALENCE		MSIST272
-	(TN (1), TTN), (TN (23), TUN)		MSIST273
C			MSIST274
	DATA		MSIST275
-	PI02 / 1.570796327 /		MSIST276
C			MSIST277
C			MSIST278
C-----	PROCEDIMENTOS.		MSIST279
C			MSIST280
C-----	INICIALIZACOES.		MSIST281
C			MSIST282
C	VARIAVEIS UTILIZADAS NO ARMAZENAMENTO		MSIST283
C	DA MATRIZ DO SISTEMA.		MSIST284
C			MSIST285
IC3 = 1			MSIST286
IL3 = 1			MSIST287
IL102 = NL3 + 1			MSIST288
PIVO = 0.			MSIST289
			MSIST290

C	VARIAVEIS UTILIZADAS NA INTEGRACAO EXATA.	MSIST291
C		MSIST292
	C102 = C1 / 2.	MSIST293
	C1C2 = C1 * C2	MSIST294
	C1C202 = C1C2 / 2.	MSIST295
	C5C1C2 = C5 / C1C2	MSIST296
	C502 = C5 / 2.	MSIST297
	C503 = C5 / 3.	MSIST298
	C504 = C5 / 4.	MSIST299
	C506 = C5 / 6.	MSIST300
C		MSIST301
C	'ZERAGEM' DA MATRIZ DE TRABALHO.	MSIST302
C		MSIST303
	DO 110 I = 1, NLM	MSIST304
	DO 100 J = 1, NI	MSIST305
	A (I, J) = 0.	MSIST306
	100 CONTINUE	MSIST307
	110 CONTINUE	MSIST308
C		MSIST309
C	----- 'LOOP' DOS NOS DO CONTORNO.	MSIST310
C		MSIST311
	DO 330 NP = 1, NNC	MSIST312
C		MSIST313
C	INICIALIZACOES.	MSIST314
C		MSIST315
	IV3 = (NP - 1) * 3	MSIST316
	XP1 = XC (1, NP)	MSIST317
	XP2 = XC (2, NP)	MSIST318
	XP3 = XC (3, NP)	MSIST319
C		MSIST320
C	VERIFICA SE COMPLETOU BLOCO.	MSIST321
C		MSIST322
	IF (IL3 .LT. NLM) GO TO 160	MSIST323
C		MSIST324
C	----- BLOCO COMPLETO.	MSIST325
C		MSIST326
C	REINICIALIZA INDICE DE LINHA DA MATRIZ.	MSIST327
C		MSIST328
	IL3 = ILI92	MSIST329
C		MSIST330
C	ATUALIZACAO DO PIVO.	MSIST331
C		MSIST332
	IF (PIVO .LE. 0 .OR. IPIV .EQ. 1) GO TO 130	MSIST333
	DO 120 J = 1, NI	MSIST334
	AUX = A (1, J)	MSIST335
	A (1, J) = A (IPIV, J)	MSIST336
	A (IPIV, J) = AUX	MSIST337
120	CONTINUE	MSIST338
	AUX = VET (1)	MSIST339
	VET (1) = VET (ILVP)	MSIST340
	VET (ILVP) = AUX	MSIST341
C		MSIST342
C	GRAVACAO DO BLOCO.	MSIST343
C		MSIST344
	130 CONTINUE	MSIST345
	WRITE (NAH) ((A (I, J), J = 1, NI), I = (L102, NLM))	MSIST346
C		MSIST347
C	'ZERAGEM' DO BLOCO.	MSIST348

C		MSIST349
	00 150 I = ILI82, NLM	MSIST350
	00 140 J = 1, NI	MSIST351
	A (I, J) = 0.	MSIST352
140	CONTINUE	MSIST353
150	CONTINUE	MSIST354
C		MSIST355
C-----	'LOOP' DOS ELEMENTOS.	MSIST356
C		MSIST357
150	CONTINUE	MSIST358
	00 360 NE = 1, NEL	MSIST359
C		MSIST360
C	INICIALIZACOES.	MSIST361
C		MSIST362
	JACOB = G (NE)	MSIST363
	GFIE = OFI (NE)	MSIST364
	VN1 = VN (1, NE)	MSIST365
	VN2 = VN (2, NE)	MSIST366
	VN3 = VN (3, NE)	MSIST367
C		MSIST368
C	DETERMINA SE O PONTO DE APLICACAO DA CARGA	MSIST369
C	UNITARIA PERTENCE OU NAO AO ELEMENTO ATUAL.	MSIST370
C		MSIST371
	00 170 L = 1, 3	MSIST372
	IF (ICON (L, NE) .NE. NP) GO TO 170	MSIST373
C		MSIST374
C	O PONTO DE APLICACAO DA CARGA UNITARIA	MSIST375
C	PERTENCE AO ELEMENTO ATUAL.	MSIST376
C		MSIST377
	NP11 = NPICG + 1	MSIST378
	NP12 = NPICG + NPICE	MSIST379
	NO1 = ICON (L, NE)	MSIST380
	L = L + 1	MSIST381
	IF (L .GT. 3) L = 1	MSIST382
	NO2 = ICON (L, NE)	MSIST383
	L = L + 1	MSIST384
	IF (L .GT. 3) L = 1	MSIST385
	NO3 = ICON (L, NE)	MSIST386
	GO TO 130	MSIST387
170	CONTINUE	MSIST388
	NP11 = 1	MSIST389
	NP12 = NPICG	MSIST390
	NO1 = ICON (1, NE)	MSIST391
	NO2 = ICON (2, NE)	MSIST392
	NO3 = ICON (3, NE)	MSIST393
180	CONTINUE	MSIST394
	CONEL (1) = NO1	MSIST395
	CONEL (2) = NO2	MSIST396
	CONEL (3) = NO3	MSIST397
	X11 = XC (1, NO1)	MSIST398
	X21 = XC (2, NO1)	MSIST399
	X31 = XC (3, NO1)	MSIST400
	X12 = XC (1, NO2)	MSIST401
	X22 = XC (2, NO2)	MSIST402
	X32 = XC (3, NO2)	MSIST403
	X13 = XC (1, NO3)	MSIST404
	X23 = XC (2, NO3)	MSIST405
	X33 = XC (3, NO3)	MSIST406

```

TPT (1) = TEMPC (NO1)
TPT (2) = TEMPC (NO2)
TPT (3) = TEMPC (NO3)
FIE (1) = FI (NO1)
FIE (2) = FI (NO2)
FIE (3) = FI (NO3)
FTE (1) = FIE (1) + C6 * IPT (1)
FTE (2) = FIE (2) + C6 * IPT (2)
FTE (3) = FIE (3) + C6 * IPT (3)
GRA (1) = GFIE + C6 * GRAD (1, NE)
GRA (2) = GFIE + C6 * GRAD (2, NE)
GRA (3) = GFIE + C6 * GRAD (3, NE)
IF (NU1 .EQ. NP .AND. NPICE .EQ. 0) GO TO 230

C
C          ZERAGEM DOS COEFICIENTES DAS INTEGRAIS.
C
DO 190 I = 1, 54
    FN (I) = 0.
190 CONTINUE

C
C----- *LOOP* DA INTEGRAÇÃO NUMÉRICA.
C
DO 220 NPI = NPI1, NPI2

C
C          CALCULO DAS COORDENADAS CARTESIANAS E
C          DOS VALORES DAS FUNÇÕES DO PONTO *P*
C          (PONTO DE INTEGRAÇÃO ATUAL).
C
    M1 = RM (1, NPI)
    M2 = RM (2, NPI)
    M3 = RM (3, NPI)
    N1 = RN (1, NPI)
    N2 = RN (2, NPI)
    N3 = RN (3, NPI)
    FINQ = FIE (1) * N1 + FIE (2) * N2 + FIE (3) * N3
    FTNQ = FTE (1) * N1 + FTE (2) * N2 + FTE (3) * N3
    GRNQ = GRA (1) * N1 + GRA (2) * N2 + GRA (3) * N3
    XQ1 = X11 * M1 + X12 * M2 + X13 * M3
    XQ2 = X21 * M1 + X22 * M2 + X23 * M3
    XQ3 = X31 * M1 + X32 * M2 + X33 * M3

C
C          CALCULOS GERAIS.
C
    XQP1 = XQ1 - XP1
    XQP2 = XQ2 - XP2
    XQP3 = XQ3 - XP3
    RLNL = VN1 * XQP1 + VN2 * XQP2 + VN3 * XQP3
    RLNLCL = -RLNL * C4
    R2 = XQP1 * XQP1 + XQP2 * XQP2 + XQP3 * XQP3
    R = SQRT (R2)
    R = DSQRT (R2)
    A3 = JACOB / R
    A1 = C1 * A3
    A2 = C3 * A3 / R2
    A3 = C5 * A3
    A4 = C0 * C5 * JACOB * R

C
C          CALCULO DOS TENSORES E SOMA DAS PARCELAS DO

```

## VEFUR DE TERMOS INDEPENDENTES.

		MSIST465
		MSIST466
	$RKR2 = XQP1 / R2$	MSIST467
	$RKRLNL = RLNL * RKR2$	MSIST468
	$C(1, NP) = C(1, NP)$	MSIST469
-	$- FINQ * A1 * (C2 * VN1 + RKRLNL)$	MSIST470
-	$+ FINQ * A3 * (VN1 - RKRLNL)$	MSIST471
-	$- GRNQ * A3 * XQP1$	MSIST472
-	$+ A4 * VN1$	MSIST473
	$RJRK2 = XQP1 * RKR2$	MSIST474
	$I(1) = A2 * (RLNLC4 + RJRK2 + RLNL)$	MSIST475
	$I(10) = A1 * (C2 + RJRK2)$	MSIST476
	$RJRK2 = XQP2 * RKR2$	MSIST477
	$I(2) = A2 * (RLNLC4 + RJRK2$	MSIST478
-	$- XQP2 * VN1 + XQP1 * VN2)$	MSIST479
	$I(11) = A1 * RJRK2$	MSIST480
	$RJRK2 = XQP3 * RKR2$	MSIST481
	$I(3) = A2 * (RLNLC4 + RJRK2$	MSIST482
-	$- XQP3 * VN1 + XQP1 * VN3)$	MSIST483
	$I(12) = A1 * RJRK2$	MSIST484
	$RKR2 = XQP2 / R2$	MSIST485
	$RKRLNL = RLNL * RKR2$	MSIST486
	$C(2, NP) = C(2, NP)$	MSIST487
-	$- FINQ * A1 * (C2 * VN2 + RKRLNL)$	MSIST488
-	$+ FINQ * A3 * (VN2 - RKRLNL)$	MSIST489
-	$- GRNQ * A3 * XQP2$	MSIST490
-	$+ A4 * VN2$	MSIST491
	$RJRK2 = XQP1 * RKR2$	MSIST492
	$I(4) = A2 * (RLNLC4 + RJRK2$	MSIST493
-	$- XQP1 * VN2 + XQP2 * VN1)$	MSIST494
	$I(13) = A1 * RJRK2$	MSIST495
	$RJRK2 = XQP2 * RKR2$	MSIST496
	$I(5) = A2 * (RLNLC4 + RJRK2 + RLNL)$	MSIST497
	$I(14) = A1 * (C2 + RJRK2)$	MSIST498
	$RJRK2 = XQP3 * RKR2$	MSIST499
	$I(6) = A2 * (RLNLC4 + RJRK2$	MSIST500
-	$- XQP3 * VN2 + XQP2 * VN3)$	MSIST501
	$I(15) = A1 * RJRK2$	MSIST502
	$RKR2 = XQP3 / R2$	MSIST503
	$RKRLNL = RLNL * RKR2$	MSIST504
	$C(3, NP) = C(3, NP)$	MSIST505
-	$- FINQ * A1 * (C2 * VN3 + RKRLNL)$	MSIST506
-	$+ FINQ * A3 * (VN3 - RKRLNL)$	MSIST507
-	$- GRNQ * A3 * XQP3$	MSIST508
-	$+ A4 * VN3$	MSIST509
	$RJRK2 = XQP1 * RKR2$	MSIST510
	$I(7) = A2 * (RLNLC4 + RJRK2$	MSIST511
-	$- XQP1 * VN3 + XQP3 * VN1)$	MSIST512
	$I(16) = A1 * RJRK2$	MSIST513
	$RJRK2 = XQP2 * RKR2$	MSIST514
	$I(8) = A2 * (RLNLC4 + RJRK2$	MSIST515
-	$- XQP2 * VN3 + XQP3 * VN2)$	MSIST516
	$I(17) = A1 * RJRK2$	MSIST517
	$RJRK2 = XQP3 * RKR2$	MSIST518
	$I(9) = A2 * (RLNLC4 + RJRK2 + RLNL)$	MSIST519
	$I(18) = A1 * (C2 + RJRK2)$	MSIST520
		MSIST521
		MSIST522

```

C          (TENSORES X FUNCAO DE INTERPOLACAO).
C
      I = 0
      DO 210 J = 1, 19
        TJ = T (J)
        DO 233 L = 1, 3
          I = I + 1
          TN (I) = TN (I) + TJ * RN (L, NPI)
200      CONTINUE
210      CONTINUE
220      CONTINUE
      GO TO 250

C
C-----
C          INTEGRACAO EXATA.
C
230      CONTINUE

C
C          DADOS GEOMETRICOS DO ELEMENTO (TRIANGULO).
C
      A1 = X12 - X11
      A2 = X22 - X21
      A3 = X32 - X31
      A4 = A1 ** 2 + A2 ** 2 + A3 ** 2
      A5 = (X11 - X13) ** 2 + (X21 - X23) ** 2
      + (X31 - X33) ** 2
      A6 = (X12 - X13) ** 2 + (X22 - X23) ** 2
      + (X32 - X33) ** 2

      D12 = SQRT (A4)      XXX PRECISAO SIMPLES XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXMSIST550
C      D12 = DSQRT (A4)    XXX PRECISAO DUPLA XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXMSIST551
      D13 = SQRT (A5)      XXX PRECISAO SIMPLES XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXMSIST552
C      D13 = DSQRT (A5)    XXX PRECISAO DUPLA XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXMSIST553
      D23 = SQRT (A6)      XXX PRECISAO SIMPLES XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXMSIST554
C      D23 = DSQRT (A6)    XXX PRECISAO DUPLA XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXMSIST555

      A7 = D23 * D23
      H1 = JACOB / D23

C
C-----
C          CALCULO DA MATRIZ DE ROTACAO
C
      E11 = A1 / D12
      E12 = A2 / D12
      E13 = A3 / D12
      E21 = VN2 * E13 - VN3 * E12
      E22 = VN3 * E11 - VN1 * E13
      E23 = VN1 * E12 - VN2 * E11
      E31 = VN1
      E32 = VN2
      E33 = VN3

C
C          CONSTANTES DE INTEGRACAO.
C
      C1H1 = C1 * H1
      H10 = H1 * H1
      H1C = H1 * H19
      SEN1 = (A4 - A5 + A6) / (A7 * D12)
      SEN3 = (A5 - A4 + A6) / (A7 * D13)
      COS1 = H1 / D12
      COS3 = H1 / D13
      SEN2 = JACOB / D12 / D13

```



```

C          XXX PRECISAO SIMPLES XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXMSISF591
LNT      = ALOG ( TAN ( ARCCOS ( SEN3 ) / 2. ) /          XXXXXXXXXXXXMSISF592
-          TAN (PI02 - ARCCOS ( SEN1 ) / 2. ) ) XXXXXXXXXXXXMSISF593
C          XXX PRECISAO DUPLA XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXMSISF594
C          LNT      = DLOG (DTAN (DARCCOS (SEN3) / 2.00) /   XXXXXXXXXXXXMSISF595
C          DTAN (PI02 - DARCCOS (SEN1) / 2.00))XXXXXXXXXXMSISF596

L12      = D12 / JACOB                                MSISF597
L13      = D13 / JACOB                                MSISF598
DCOS1    = COS1 * COS1                                MSISF599
S1S1     = SEN1 * SEN1                                MSISF590
S1C1     = SEN1 * COS1                                MSISF591
S1S3     = SEN1 * SEN3                                MSISF592
S1C3     = SEN1 * COS3                                MSISF593
S3S3     = SEN3 * SEN3                                MSISF594
S3C3     = SEN3 * COS3                                MSISF595
C1C1     = COS1 * COS1                                MSISF596
C1S3     = COS1 * SEN3                                MSISF597
C1C3     = COS1 * COS3                                MSISF598
C3C3     = COS3 * COS3                                MSISF599
COS2     = C1C3 - S1S3                                MSISF600
C1OC3    = COS1 / COS3                                MSISF601
C3OC1    = COS3 / COS1                                MSISF602
DS1C1    = S1C1 * S1C1                                MSISF603
DS1S1    = 4. * S1S1                                  MSISF604
TS1S1    = 3. * S1S1                                  MSISF605
A2        = 2. * S1S1 - 1.                             MSISF606
AUX       = C3 * H1                                    MSISF607
A3        = AUX * L12                                  MSISF608
A4        = AUX * L13                                  MSISF609
A5        = DCOS1 * S1C3                                MSISF610
A6        = SEN3 * A2 + SEN1 - A5                       MSISF611
AUX       = C1O2 * H1O                                  MSISF612
A7        = AUX * L12                                  MSISF613
A8        = AUX * L13                                  MSISF614
A9        = 2. * S3S3 - 1.                             MSISF615
A10       = 1. / COS3 - 1. / COS1                       MSISF616
A11       = S1S3 * C1C3                                MSISF617
A12       = C3OC1 - 1. - SEN3 * LNT                     MSISF618
A13       = A2 * A11 + S1S1 * COS3 * A10                MSISF619
          + LNT * (A5 + SEN3 * S1S1)                    MSISF620
A14       = C1OC3 - 1. - SEN1 * LNT                     MSISF621
A15       = TS1S1 - 1. - S1S1 * C1OC3 - 3. * A11        MSISF622
          + 4. * (S1S1 * S1S3 + C1C1 * C1C3)           MSISF623
          + SEN1 * (TS1S1 - 2.) * LNT                   MSISF624
AUX       = H1O * C1C2O2                                MSISF625
A16       = AUX * L13                                  MSISF626
A17       = AUX * L12                                  MSISF627
AUX       = H1C * C5D3                                  MSISF628
A18       = AUX * L13                                  MSISF629
A19       = AUX * L12                                  MSISF630
A20       = SEN1 / C1C1 + SEN3 / C3C3                    MSISF631
A21       = (A20 + LNT) / 2.                             MSISF632
A22       = H1O * C5D2                                  MSISF633
A23       = C5D4 * H1O * H1O                            MSISF634
A24       = (A20 - LNT) / 2.                             MSISF635

C          MSISF636
C          CALCULO DAS PARCELAS DAS INTEGRAIS.          MSISF637
C          MSISF638

```

C	TENSOR F.	MSIST639
C		MSIST640
	IT13N2 = A4 * (COS3 + SIC3 * LNT - COS1)	MSIST641
	IT13N3 = -A3 * (DCOS1 + SIS3 + SIC1 * LNT + COS1	MSIST642
-	+ A2 * COS3)	MSIST643
	IT23N2 = -A4 * (SEN1 + SEN3 + C1C3 * LNT)	MSIST644
	IT23N3 = -A3 * (A6 - C1C1 * LNT)	MSIST645
	IT13N2 = -IT13N2	MSIST646
	IT31N3 = -IT13N3	MSIST647
	IT32N2 = -IT23N2	MSIST648
	IT32N3 = -IT23N3	MSIST649
C		MSIST650
C	TENSOR U.	MSIST651
C		MSIST652
	IU11N2 = A8 * (C2 + A12 - A13)	MSIST653
	IU11N3 = A7 * (C2 + A14 - A15)	MSIST654
	IU11N1 = -C1H1 * (LNT + (C2 + SIS1) + A6)	MSIST655
-	- IU11N2 - IU11N3	MSIST656
	IU12N2 = A8 * (2. * SIC1 + A9 + C1S3 + 2. * S3C3 + A2	MSIST657
-	+ 2. * SIC3 - SIC1	MSIST658
-	+ LNT * (A2 + COS3 + SIC1 * SEN3))	MSIST659
	IU12N3 = A7 * (TSIC1 + (QSIS1 - 1.) * C1S3	MSIST660
-	+ (QSIS1 - 3.) * SIC3 - SIC1 * C1C3	MSIST661
-	+ (TSIS1 - 1.) * COS1 * LNT)	MSIST662
	IU12N1 = C1H1 * (COS1 + A2 * COS3	MSIST663
-	+ SIC1 * (2. * SEN3 + LNT))	MSIST664
-	- IU12N2 - IU12N3	MSIST665
	IU22N2 = A8 * ((C2 + 1.) * A12 + A13)	MSIST666
	IU22N3 = A7 * ((C2 + 1.) * A14 + A15)	MSIST667
	IU22N1 = -C1H1 * (LNT + ((C2 + C1C1) - A6)	MSIST668
-	- IU22N2 - IU22N3	MSIST669
	IU33N2 = A16 * A12	MSIST670
	IU33N3 = A17 * A14	MSIST671
	IU33N1 = -C1C2 * H1 * LNT	MSIST672
-	- IU33N2 - IU33N3	MSIST673
	IU21N1 = IU12N1	MSIST674
	IU21N2 = IU12N2	MSIST675
	IU21N3 = IU12N3	MSIST676
C		MSIST677
C	TENSOR X.	MSIST678
C		MSIST679
	IX3N1 = CSC1C2 * IU33N1	MSIST680
	IX3N2 = CSC1C2 * IU33N2	MSIST681
	IX3N3 = CSC1C2 * IU33N3	MSIST682
C		MSIST683
C	TENSOR Y.	MSIST684
C		MSIST685
	IY1N2 = A18 * (SIC3 * A21 - C1S3 * LNT - A10 * A11)	MSIST686
	IY1N3 = A19 * (SIC1 * A21 - SIC1 * LNT - A10 * A2)	MSIST687
	IY1N1 = -A22 * (SEN1 + A13 + COS1 * LNT)	MSIST688
-	- IY1N2 - IY1N3	MSIST689
	IY2N2 = -A18 * (C1C3 * A21 + SIS3 * LNT	MSIST690
-	+ (SIC3 - C1S3) * A10)	MSIST691
	IY2N3 = -A19 * (C1C1 * A21 + SIS1 * LNT - A10 * OSIC1)	MSIST692
	IY2N1 = A22 * (C1C3 - SEN1 * LNT - 1.)	MSIST693
-	- IY2N2 - IY2N3	MSIST694
C		MSIST695
C	TENSOR Z.	MSIST696

C		MSIST697
	$I23N2 = A23 * L13 + (SEN3 * A24 - A10 * COS3)$	MSIST698
	$I23N3 = A23 * L12 + (SEN1 * A24 - A10 * COS1)$	MSIST699
	$I23N1 = COS6 * M1C * A24$	MSIST700
	$- I23N2 - I23N3$	MSIST701
C		MSIST702
C	ROTACAO DOS TENSORES DO SISTEMA LOCAL PARA O GLOBAL.	MSIST703
C		MSIST704
C	TENSOR T.	MSIST705
C		MSIST706
	$A11 = E31 * IT13N2$	MSIST707
	$A12 = E32 * IT13N2$	MSIST708
	$A13 = E33 * IT13N2$	MSIST709
	$A21 = E31 * IT23N2$	MSIST710
	$A22 = E32 * IT23N2$	MSIST711
	$A23 = E33 * IT23N2$	MSIST712
	$A31 = E11 * IT31N2 + E21 * IT32N2$	MSIST713
	$A32 = E12 * IT31N2 + E22 * IT32N2$	MSIST714
	$A33 = E13 * IT31N2 + E23 * IT32N2$	MSIST715
	$TTN(2, 1, 1) = E11 * A11 + E21 * A21 + E31 * A31$	MSIST716
	$TTN(2, 1, 2) = E11 * A12 + E21 * A22 + E31 * A32$	MSIST717
	$TTN(2, 1, 3) = E11 * A13 + E21 * A23 + E31 * A33$	MSIST718
	$TTN(2, 2, 1) = E12 * A11 + E22 * A21 + E32 * A31$	MSIST719
	$TTN(2, 2, 2) = E12 * A12 + E22 * A22 + E32 * A32$	MSIST720
	$TTN(2, 2, 3) = E12 * A13 + E22 * A23 + E32 * A33$	MSIST721
	$TTN(2, 3, 1) = E13 * A11 + E23 * A21 + E33 * A31$	MSIST722
	$TTN(2, 3, 2) = E13 * A12 + E23 * A22 + E33 * A32$	MSIST723
	$TTN(2, 3, 3) = E13 * A13 + E23 * A23 + E33 * A33$	MSIST724
C		MSIST725
	$A11 = E31 * IT13N3$	MSIST726
	$A12 = E32 * IT13N3$	MSIST727
	$A13 = E33 * IT13N3$	MSIST728
	$A21 = E31 * IT23N3$	MSIST729
	$A22 = E32 * IT23N3$	MSIST730
	$A23 = E33 * IT23N3$	MSIST731
	$A31 = E11 * IT31N3 + E21 * IT32N3$	MSIST732
	$A32 = E12 * IT31N3 + E22 * IT32N3$	MSIST733
	$A33 = E13 * IT31N3 + E23 * IT32N3$	MSIST734
	$TTN(3, 1, 1) = E11 * A11 + E21 * A21 + E31 * A31$	MSIST735
	$TTN(3, 1, 2) = E11 * A12 + E21 * A22 + E31 * A32$	MSIST736
	$TTN(3, 1, 3) = E11 * A13 + E21 * A23 + E31 * A33$	MSIST737
	$TTN(3, 2, 1) = E12 * A11 + E22 * A21 + E32 * A31$	MSIST738
	$TTN(3, 2, 2) = E12 * A12 + E22 * A22 + E32 * A32$	MSIST739
	$TTN(3, 2, 3) = E12 * A13 + E22 * A23 + E32 * A33$	MSIST740
	$TTN(3, 3, 1) = E13 * A11 + E23 * A21 + E33 * A31$	MSIST741
	$TTN(3, 3, 2) = E13 * A12 + E23 * A22 + E33 * A32$	MSIST742
	$TTN(3, 3, 3) = E13 * A13 + E23 * A23 + E33 * A33$	MSIST743
C		MSIST744
C	TENSOR U.	MSIST745
C		MSIST746
	$A11 = E11 * IU11N1 + E21 * IU12N1$	MSIST747
	$A12 = E12 * IU11N1 + E22 * IU12N1$	MSIST748
	$A13 = E13 * IU11N1 + E23 * IU12N1$	MSIST749
	$A21 = E11 * IU21N1 + E21 * IU22N1$	MSIST750
	$A22 = E12 * IU21N1 + E22 * IU22N1$	MSIST751
	$A23 = E13 * IU21N1 + E23 * IU22N1$	MSIST752
	$A31 = E31 * IU33N1$	MSIST753
	$A32 = E32 * IU33N1$	MSIST754

A33 = E33 * IU33N1	MSIST755
TUN (1, 1, 1) = E11 * A11 + E21 * A21 + E31 * A31	MSIST756
TUN (1, 1, 2) = E11 * A12 + E21 * A22 + E31 * A32	MSIST757
TUN (1, 1, 3) = E11 * A13 + E21 * A23 + E31 * A33	MSIST758
TUN (1, 2, 1) = E12 * A11 + E22 * A21 + E32 * A31	MSIST759
TUN (1, 2, 2) = E12 * A12 + E22 * A22 + E32 * A32	MSIST760
TUN (1, 2, 3) = E12 * A13 + E22 * A23 + E32 * A33	MSIST761
TUN (1, 3, 1) = E13 * A11 + E23 * A21 + E33 * A31	MSIST762
TUN (1, 3, 2) = E13 * A12 + E23 * A22 + E33 * A32	MSIST763
TUN (1, 3, 3) = E13 * A13 + E23 * A23 + E33 * A33	MSIST764
	MSIST765
A11 = E11 * IU11N2 + E21 * IU12N2	MSIST766
A12 = E12 * IU11N2 + E22 * IU12N2	MSIST767
A13 = E13 * IU11N2 + E23 * IU12N2	MSIST768
A21 = E11 * IU21N2 + E21 * IU22N2	MSIST769
A22 = E12 * IU21N2 + E22 * IU22N2	MSIST770
A23 = E13 * IU21N2 + E23 * IU22N2	MSIST771
A31 = E31 * IU33N2	MSIST772
A32 = E32 * IU33N2	MSIST773
A33 = E33 * IU33N2	MSIST774
TUN (2, 1, 1) = E11 * A11 + E21 * A21 + E31 * A31	MSIST775
TUN (2, 1, 2) = E11 * A12 + E21 * A22 + E31 * A32	MSIST776
TUN (2, 1, 3) = E11 * A13 + E21 * A23 + E31 * A33	MSIST777
TUN (2, 2, 1) = E12 * A11 + E22 * A21 + E32 * A31	MSIST778
TUN (2, 2, 2) = E12 * A12 + E22 * A22 + E32 * A32	MSIST779
TUN (2, 2, 3) = E12 * A13 + E22 * A23 + E32 * A33	MSIST780
TUN (2, 3, 1) = E13 * A11 + E23 * A21 + E33 * A31	MSIST781
TUN (2, 3, 2) = E13 * A12 + E23 * A22 + E33 * A32	MSIST782
TUN (2, 3, 3) = E13 * A13 + E23 * A23 + E33 * A33	MSIST783
	MSIST784
A11 = E11 * IU11N3 + E21 * IU12N3	MSIST785
A12 = E12 * IU11N3 + E22 * IU12N3	MSIST786
A13 = E13 * IU11N3 + E23 * IU12N3	MSIST787
A21 = E11 * IU21N3 + E21 * IU22N3	MSIST788
A22 = E12 * IU21N3 + E22 * IU22N3	MSIST789
A23 = E13 * IU21N3 + E23 * IU22N3	MSIST790
A31 = E31 * IU33N3	MSIST791
A32 = E32 * IU33N3	MSIST792
A33 = E33 * IU33N3	MSIST793
TUN (3, 1, 1) = E11 * A11 + E21 * A21 + E31 * A31	MSIST794
TUN (3, 1, 2) = E11 * A12 + E21 * A22 + E31 * A32	MSIST795
TUN (3, 1, 3) = E11 * A13 + E21 * A23 + E31 * A33	MSIST796
TUN (3, 2, 1) = E12 * A11 + E22 * A21 + E32 * A31	MSIST797
TUN (3, 2, 2) = E12 * A12 + E22 * A22 + E32 * A32	MSIST798
TUN (3, 2, 3) = E12 * A13 + E22 * A23 + E32 * A33	MSIST799
TUN (3, 3, 1) = E13 * A11 + E23 * A21 + E33 * A31	MSIST800
TUN (3, 3, 2) = E13 * A12 + E23 * A22 + E33 * A32	MSIST801
TUN (3, 3, 3) = E13 * A13 + E23 * A23 + E33 * A33	MSIST802
	MSIST803
	MSIST804
	MSIST805
TXN (1, 1) = E31 * IX3N1	MSIST806
TXN (1, 2) = E32 * IX3N1	MSIST807
TXN (1, 3) = E33 * IX3N1	MSIST808
TXN (2, 1) = E31 * IX3N2	MSIST809
TXN (2, 2) = E32 * IX3N2	MSIST810
TXN (2, 3) = E33 * IX3N2	MSIST811
TXN (3, 1) = E31 * IX3N3	MSIST812

TENSOR X.

	TXN (3, 2) = E32 * IX3N3	MSIST813
	TXN (3, 3) = E33 * IX3N3	MSIST814
C		MSIST815
C	TENSOR Y.	MSIST816
C		MSIST817
	TYN (1, 1) = E11 * IY1N1 + E21 * IY2N1	MSIST818
	TYN (1, 2) = E12 * IY1N1 + E22 * IY2N1	MSIST819
	TYN (1, 3) = E13 * IY1N1 + E23 * IY2N1	MSIST820
	TYN (2, 1) = E11 * IY1N2 + E21 * IY2N2	MSIST821
	TYN (2, 2) = E12 * IY1N2 + E22 * IY2N2	MSIST822
	TYN (2, 3) = E13 * IY1N2 + E23 * IY2N2	MSIST823
	TYN (3, 1) = E11 * IY1N3 + E21 * IY2N3	MSIST824
	TYN (3, 2) = E12 * IY1N3 + E22 * IY2N3	MSIST825
	TYN (3, 3) = E13 * IY1N3 + E23 * IY2N3	MSIST826
C		MSIST827
C	TENSOR Z.	MSIST828
C		MSIST829
	TZN (1, 1) = E31 * IZ3N1	MSIST830
	TZN (1, 2) = E32 * IZ3N1	MSIST831
	TZN (1, 3) = E33 * IZ3N1	MSIST832
	TZN (2, 1) = E31 * IZ3N2	MSIST833
	TZN (2, 2) = E32 * IZ3N2	MSIST834
	TZN (2, 3) = E33 * IZ3N2	MSIST835
	TZN (3, 1) = E31 * IZ3N3	MSIST836
	TZN (3, 2) = E32 * IZ3N3	MSIST837
	TZN (3, 3) = E33 * IZ3N3	MSIST838
C		MSIST839
C	SOMA DAS PARCELAS NO VETOR DOS TERMOS INDEPENDENTES.	MSIST840
C		MSIST841
	DO 240 L = 1, 3	MSIST842
	C (1, NP) = C (1, NP)	MSIST843
-	- FIE (L) = (TUN (L, 1, 1) * VN1	MSIST844
-	+ TUN (L, 1, 2) * VN2	MSIST845
-	+ TUN (L, 1, 3) * VN3)	MSIST846
-	+ FIE (L) = TXN (L, 1)	MSIST847
-	- GRA (L) = TYN (L, 1)	MSIST848
-	+ CO * TZN (L, 1)	MSIST849
	C (2, NP) = C (2, NP)	MSIST850
-	- FIE (L) = (TUN (L, 2, 1) * VN1	MSIST851
-	+ TUN (L, 2, 2) * VN2	MSIST852
-	+ TUN (L, 2, 3) * VN3)	MSIST853
-	+ FIE (L) = TXN (L, 2)	MSIST854
-	- GRA (L) = TYN (L, 2)	MSIST855
-	+ CO * TZN (L, 2)	MSIST856
	C (3, NP) = C (3, NP)	MSIST857
-	- FIE (L) = (TUN (L, 3, 1) * VN1	MSIST858
-	+ TUN (L, 3, 2) * VN2	MSIST859
-	+ TUN (L, 3, 3) * VN3)	MSIST860
-	+ FIE (L) = TXN (L, 3)	MSIST861
-	- GRA (L) = TYN (L, 3)	MSIST862
-	+ CO * TZN (L, 3)	MSIST863
240	CONTINUE	MSIST864
C		MSIST865
C	SOMA DAS CONTRIBUICOES DO ELEMENTO	MSIST866
C	NA MATRIZ DO SISTEMA E NA MATRIZ	MSIST867
C	DOS TERMOS INDEPENDENTES.	MSIST868
C		MSIST869
250	CONTINUE	MSIST870

ILM = IL3	MSIST871
DO 350 I = 1, 3	MSIST872
CINP = C (I, NP)	MSIST873
DO 340 L = 1, 3	MSIST874
NO = CONEL (L)	MSIST875
ICD = IC3	MSIST876
ICM = NO * 3 - 2	MSIST877
DO 330 J = 1, 3	MSIST878
C	MSIST879
C VERIFICA SE O NO* *Q* DO ELEMENTO E* NO* DIAGONAL.	MSIST880
C	MSIST881
IF (NP .EQ. NO) GO TO 300	MSIST882
C	MSIST883
C----- COEFICIENTES DOS DESLOCAMENTOS.	MSIST884
C	MSIST885
IF (FALSE (NO, J)) GO TO 260	MSIST886
C	MSIST887
C NO* RESTRITO NA DIRECAO *J*.	MSIST888
C	MSIST889
CINP = CINP - ITN (L, I, J) * UC (J, NO)	MSIST890
GO TO 270	MSIST891
C	MSIST892
C NO* LIVRE NA DIRECAO *J*.	MSIST893
C	MSIST894
260 CONTINUE	MSIST895
A (ILM, ICM) = A (ILM, ICM)	MSIST896
+ ITN (L, I, J) * UO	MSIST897
C	MSIST898
C----- VERIFICACAO DO NO* DA DIAGONAL.	MSIST899
C	MSIST900
270 CONTINUE	MSIST901
IF (FALSE (NP, J)) GO TO 280	MSIST902
C	MSIST903
C NO* DA DIAGONAL RESTRITO NA DIRECAO *J*.	MSIST904
C	MSIST905
CINP = CINP + ITN (L, I, J) * UC (J, NP)	MSIST906
GO TO 290	MSIST907
C	MSIST908
C NO* DA DIAGONAL LIVRE NA DIRECAO *J*.	MSIST909
C	MSIST910
280 CONTINUE	MSIST911
A (ILM, ICD) = A (ILM, ICD)	MSIST912
- ITN (L, I, J) * UO	MSIST913
C	MSIST914
C----- COEFICIENTES DAS FORÇAS DE SUPERFICIE.	MSIST915
C	MSIST916
290 CONTINUE	MSIST917
300 CONTINUE	MSIST918
IF (FALSE (NE, J + 3)) GO TO 310	MSIST919
C	MSIST920
C ELEMENTO RESTRITO NA DIRECAO J.	MSIST921
C	MSIST922
A (ILM, ICM) = A (ILM, ICM)	MSIST923
- ITN (L, I, J) * UF	MSIST924
GO TO 320	MSIST925
C	MSIST926
C ELEMENTO LIVRE NA DIRECAO J.	MSIST927
C	MSIST928

310	CONTINUE	MSIST929
	CINP = CINP + FUN (L, I, J) * FE (J, L, NE)	MSIST930
C		MSIST931
C-----	INCREMENTA INDICES DE COLUNA DA MATRIZ.	MSIST932
C		MSIST933
320	CONTINUE	MSIST934
	ICD = ICD + 1	MSIST935
	ICM = ICM + 1	MSIST936
330	CONTINUE	MSIST937
340	CONTINUE	MSIST938
C		MSIST939
C-----	ATUALIZA LINHA DA MATRIZ DOS TERMOS INDEPENDENTES.	MSIST940
C		MSIST941
	C (I, NP) = CINP	MSIST942
C		MSIST943
C-----	INCREMENTA INDICE DE LINHA DA MATRIZ.	MSIST944
C		MSIST945
	ILM = ILM + 1	MSIST946
350	CONTINUE	MSIST947
360	CONTINUE	MSIST948
C		MSIST949
C-----	VERIFICACAO DO PIVO.	MSIST950
C		MSIST951
	ILM = IL3	MSIST952
	DO 380 I = 1, 3	MSIST953
	AUX = ABS (A (ILM, I)) XXX PRECISAO SIMPLES XXXXXXXXXXXXXXXX	MSIST954
C	AUX = DABS (A (ILM, I)) XXX PRECISAO DUPLA XXXXXXXXXXXXXXXX	MSIST955
	IF (PIVO .GT. AUX) GO TO 370	MSIST956
	ILVP = IV3 + I	MSIST957
	IPIV = ILM	MSIST958
	PIVO = AUX	MSIST959
370	CONTINUE	MSIST960
	ILM = ILM + 1	MSIST961
380	CONTINUE	MSIST962
C		MSIST963
C-----	INCREMENTA INDICES DE LINHAS E COLUNAS.	MSIST964
C		MSIST965
	IC3 = IC3 + 3	MSIST966
	IL3 = IL3 + 3	MSIST967
390	CONTINUE	MSIST968
C		MSIST969
C-----	ATUALIZACAO DO PIVO PARA O ULTIMO BLOCO.	MSIST970
C		MSIST971
	IF (PIVO .LE. 0 .OR. IPIV .EQ. 1) GO TO 410	MSIST972
	DO 400 J = 1, NI	MSIST973
	AUX = A (I, J)	MSIST974
	A (I, J) = A (IPIV, J)	MSIST975
	A (IPIV, J) = AUX	MSIST976
400	CONTINUE	MSIST977
	AUX = VET (1)	MSIST978
	VET (1) = VET (ILVP)	MSIST979
	VET (ILVP) = AUX	MSIST980
410	CONTINUE	MSIST981
C		MSIST982
C-----	VERIFICA SE DEVE SER CRIADO O ULTIMO REGISTRO DO	MSIST983
C	ARQUIVO DE ARMAZENAMENTO DA MATRIZ DO SISTEMA.	MSIST984
C		MSIST985
	IF (NT3 .EQ. 1) RETURN	MSIST986

WRITE (NAM) 3  
RETURN  
END

MSIST987  
MSIST988  
MSIST989



SUBROUTINE MULTI	MULTI001
- (VET, A1, MULT)	MULTI002
C	MULTI003
C-----	MULTI004
C	MULTI005
C           ARMAZENA NO VETOR 'VET' A VARIÁVEL	MULTI006
C           'A1' REPETIDA 'MULT' VEZES	MULTI007
C	MULTI008
C-----	MULTI009
C	MULTI010
C	MULTI011
C-----       PARAMETROS FORMAIS:	MULTI012
C	MULTI013
INTEGER	MULTI014
- MULT                   % FATOR DE REPETICAO	MULTI015
C	MULTI016
REAL	MULTI017
- A1,                   % VARIÁVEL A SER REPETIDA	MULTI018
- VET (1)               % VETOR DE ARMAZENAMENTO	MULTI019
C	MULTI020
C	MULTI021
C-----       VARIÁVEIS LOCAIS:	MULTI022
C	MULTI023
INTEGER	MULTI024
- I                    % INDICE GERAL	MULTI025
C	MULTI026
C	MULTI027
C-----       PROCEDIMENTOS.	MULTI028
C	MULTI029
DO 100 I = 1, MULT	MULTI030
VET (I) = A1	MULTI031
100 CONTINUE	MULTI032
RETURN	MULTI033
END	MULTI034

```

SUBROUTINE MULT3                                MULT3001
- (VET, A1, A2)                                MULT3002
C                                                MULT3003
C-----MULT3004
C                                                MULT3005
C      ATRIBUI AO VETOR 'VET' TRES GRUPOS DE    MULT3006
C      VARIAVEIS OBTIDOS PELA PERMUTACAO DAS   MULT3007
C      VARIAVEIS 'A1' E 'A2'                   MULT3008
C-----MULT3009
C-----MULT3010
C      MULT3011
C      MULT3012
C-----PARAMETROS FORMAIS:                     MULT3013
C      MULT3014
C      REAL                                     MULT3015
-      A1,                                     % PRIMEIRA VARIÁVEL    MULT3016
-      A2,                                     % SEGUNDA VARIÁVEL    MULT3017
-      VET (1)                                % VETOR DE ARMAZENAMENTO MULT3018
C      MULT3019
C      MULT3020
C-----PROCEDIMENTOS.                          MULT3021
C      MULT3022
      VET (1) = A1                                MULT3023
      VET (2) = A2                                MULT3024
      VET (3) = A2                                MULT3025
      VET (4) = A2                                MULT3026
      VET (5) = A1                                MULT3027
      VET (6) = A2                                MULT3028
      VET (7) = A2                                MULT3029
      VET (8) = A2                                MULT3030
      VET (9) = A1                                MULT3031
      RETURN                                       MULT3032
      END                                          MULT3033

```

SUBROUTINE MULT6	MULT6001
- (VET, A1, A2, A3)	MULT6002
C	MULT6003
C-----	MULT6004
C	MULT6005
C ATRIBUI AO VETOR 'VET' SEIS GRUPOS DE	MULT6006
C VARIÁVEIS OBTIDOS PELA PERMUTAÇÃO DAS	MULT6007
C VARIÁVEIS 'A1', 'A2' E 'A3'	MULT6008
C	MULT6009
C-----	MULT6010
C	MULT6011
C	MULT6012
C----- PARAMETROS FORMAIS:	MULT6013
C	MULT6014
REAL	MULT6015
- A1, X PRIMEIRA VARIÁVEL	MULT6016
- A2, X SEGUNDA VARIÁVEL	MULT6017
- A3, X TERCEIRA VARIÁVEL	MULT6018
- VET (1) X VETOR DE ARMAZENAMENTO	MULT6019
C	MULT6020
C	MULT6021
C----- PROCEDIMENTOS.	MULT6022
C	MULT6023
VET (1) = A1	MULT6024
VET (2) = A2	MULT6025
VET (3) = A3	MULT6026
VET (4) = A1	MULT6027
VET (5) = A3	MULT6028
VET (6) = A2	MULT6029
VET (7) = A2	MULT6030
VET (8) = A1	MULT6031
VET (9) = A3	MULT6032
VET (10) = A2	MULT6033
VET (11) = A3	MULT6034
VET (12) = A1	MULT6035
VET (13) = A3	MULT6036
VET (14) = A1	MULT6037
VET (15) = A2	MULT6038
VET (16) = A3	MULT6039
VET (17) = A2	MULT6040
VET (18) = A1	MULT6041
RETURN	MULT6042
END	MULT6043

SUBROUTINE PAGIN	PAGIN001
- (NLIMP, NITIC, CABEC, NLMC, NCMC)	PAGIN002
C	PAGIN003
C-----	PAGIN004
C	PAGIN005
C	PAGIN006
C	PAGIN007
C-----	PAGIN008
C	PAGIN009
C	PAGIN010
C-----	PAGIN011
C	PAGIN012
LOGICAL	PAGIN013
- NITIC	PAGIN014
X INDICA IMPRESSAO DO TITULO DO	PAGIN015
X CARREGAMENTO:	PAGIN016
X .TRUE. NAO IMPRIME	PAGIN017
X .FALSE. IMPRIME	PAGIN018
C	PAGIN019
INTEGER	PAGIN020
- NLIMP,	PAGIN021
X NUMERO DE LINHAS A SEREM IMPRESSAS	PAGIN022
- NLMC,	PAGIN023
X NUMERO DE LINHAS DO CABECALHO	PAGIN024
- NCMC	PAGIN025
X NUMERO DE COLUNAS DO CABECALHO	PAGIN026
C	PAGIN027
REAL	PAGIN028
- CABEC (NLMC, NCMC)	PAGIN029
X MATRIZ DO CABECALHO	PAGIN030
C	PAGIN031
C	PAGIN032
C-----	PAGIN033
C	PAGIN034
LOGICAL	PAGIN035
- IMP	PAGIN036
C	PAGIN037
COMMON	PAGIN038
- /ARQUI/ NAL, NAI	PAGIN039
- /CARRE/ NCA, NCC, NMCC, RNCA (12)	PAGIN040
- /TITUL/ NLIN, NMLIN, RNome (12, 3), DAT (2), HOR (2), NPAG, IMP	PAGIN041
C	PAGIN042
C	PAGIN043
C-----	PAGIN044
C	PAGIN045
C	PAGIN046
INTEGER	PAGIN047
- I,	PAGIN048
X INDICE GERAL	PAGIN049
- J	PAGIN050
X INDICE GERAL	PAGIN051
C	PAGIN052
C	PAGIN053
C-----	PAGIN054
C	PAGIN055
PROCEDIMENTOS.	PAGIN056
C	PAGIN057
NLIN = NLIN + NLIMP	PAGIN058
IF (NLIN .LE. NMLIN) RETURN	PAGIN059
NPAG = NPAG + 1	PAGIN060
NLIN = NLIMP + 7 + NCMC	PAGIN061
IF (IMP) GO TO 100	PAGIN062
NLIN = NLIN - 3	PAGIN063
WRITE (NAI, 1000) 60, 3	PAGIN064
READ (NAI, END = 130)	PAGIN065
100 CONTINUE	PAGIN066
WRITE (NAI, 1100) HOR, DAT, NPAG, RNome	PAGIN067
IF (NITIC) GO TO 110	PAGIN068





120 CALL ERRO (35)

RETURN

END

SOMAR059

SOMAR060

SOMAR061

## APENDICE D - Manual do Programa

O programa, denominado SALET (Sistema de Análise Linear para Elasticidade Tridimensional), se propõe a resolver problemas de elasticidade linear isotrópica tridimensional pelo método dos elementos de contorno.

A discretização da superfície é obtida através de elementos isoparamétricos triangulares planos de variação linear. São previstos carregamentos constituídos de forças de superfície e gradientes de temperatura.

A entrada de dados é feita por meio de uma linguagem orientada, através de comandos que controlam o fluxo do programa.

### D.1 - Entrada dos Comandos

O arquivo de entrada dos comandos deve ter registros com um mínimo de 72 caracteres (os demais são ignorados). Assim se o arquivo for um "deck" de cartões, as colunas 73 a 80 de cada cartão (registro) serão ignoradas e podem ser usadas para identificação e sequência.

Um comando é formado por um ou mais grupos lógicos, denominados registros lógicos. Um registro físico pode conter um ou mais registros lógicos, sendo que um registro lógico pode ser maior que um registro físico (ver símbolos especiais no item D.2.2).

### D.2 - Regras de Sintaxe

Os comandos são executados a medida que vão sendo interpretados, podendo ser ordenados arbitrariamente desde que estejam dentro de uma sequência lógica. Desta forma comandos que executam a impressão de resultados devem ser precedidos por comandos que produzam esses resultados, que por sua vez devem ser precedidos pelos comandos que definem o problema a ser resolvido.

#### D.2.1 - Convenção para Definição da Sintaxe



Adota-se a convenção BNF (Backus-Naur Form) ligeiramente modificada, sendo utilizados os seguintes símbolos:

< >                      (indica construção sintática)

:=                        (significa é definido como)

|                         (significa ou)

[ ]                        (indica construção opcional)

( )                        (indica possível repetição)

( )                        (indica comentário)

Por exemplo, a definição de número inteiro será:

```
<número inteiro> := <inteiro sem sinal> |
                    <sinal> <inteiro sem sinal>
```

```
<inteiro sem sinal> := <dígito> {<dígito>}    (<= 12 dígitos>)
```

```
<dígito> := 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9
```

```
<sinal> := + | -
```

Primeiramente o número inteiro é definido como um inteiro sem sinal ou um sinal seguido de um inteiro sem sinal. O inteiro sem sinal é definido por um dígito ou uma sequência de até doze dígitos. Os dígitos variam de 0 a 9 e o sinal pode ser positivo (+) ou negativo (-).

Outra maneira de definir-se o número inteiro seria:

```
<número inteiro> := [<sinal>] <inteiro sem sinal>
```

Ou ainda:

```
<número inteiro> := [<sinal>] <dígito> {<dígito>}
```

## D.2.2 - Vocabulário da Linguagem

Os comandos da linguagem são formados por quatro tipos de elementos sintáticos, ou seja:

```

<elemento sintático> := <palavra-chave> ;
                        <número inteiro> ;
                        <número real> ;
                        <símbolo especial>

```

Sendo:

Palavra-chave:

```

<palavra-chave> := TITU ; COOR ; CONE ; CONS ; REST ;
                   DESL ; CARR ; ANAL ; IMPR ; FINA ;
                   FORC ; TEMP ; GRAD ; PESO ; CONT ;
                   INTE ; PRES ; NODA ; ELEM ; DADO ;
                   RESU ; SOMA ; ATRI ; ORIG ; ROTA ;
                   CART ; CILI ; ESFE ; X      ; Y      ;
                   Z      ; R      ; A      ; B      ; ATE ;
                   TODO ; TENS ; DE      ; SUPE ; NPIC ;
                   NPII ; E      ; CP      ; PE      ; CDL ;
                   ALFA ; BETA ; GAMA ; MULT ; PASS ;
                   MATR ; LER  ; GRAV ;

```

No máximo 4 caracteres de uma palavra-chave são considerados. Os demais caracteres alfanuméricos são ignorados.

Por exemplo, as seguintes construções sintáticas são válidas para a palavra-chave COOR:

```

COOR
COORDENADASDOSPONTOSNODASDO

```

E os exemplos seguintes são inválidos:

```

CORDENADAS      - (palavra-chave CORD não-existe)
COORDEN$@****   - (palavra-chave deve ser alfanumérica)

```

Número inteiro:

$\langle \text{número inteiro} \rangle := \langle \text{inteiro sem sinal} \rangle ;$   
 $\langle \text{sinal} \rangle \langle \text{inteiro sem sinal} \rangle$

$\langle \text{inteiro sem sinal} \rangle := \langle \text{dígito} \rangle \{ \langle \text{dígito} \rangle \} \quad (\leq 12 \text{ dígitos})$

$\langle \text{dígito} \rangle := 0 \mid 1 \mid 2 \mid 3 \mid 4 \mid 5 \mid 6 \mid 7 \mid 8 \mid 9$

$\langle \text{sinal} \rangle := + \mid -$

Os números inteiros serão representados pela letra i seguida de um índice (i1, i2, i3, etc.).

Exemplos válidos para números inteiros:

12345

-6790

+45

+123456789012

Exemplos incorretos:

123-

(sinal deve estar à esquerda)

1234567890123

(excedido o máximo de 12 dígitos)

Número real:

$\langle \text{número real} \rangle := \langle \text{real sem sinal} \rangle !$   
 $\langle \text{sinal} \rangle \langle \text{real sem sinal} \rangle$

$\langle \text{real sem sinal} \rangle := \langle \text{mantissa} \rangle !$   
 $\langle \text{mantissa} \rangle \langle \text{indicador de expoente} \rangle \langle \text{expoente} \rangle$

$\langle \text{mantissa} \rangle := \langle \text{número inteiro} \rangle !$   
 $\langle \text{número inteiro} \rangle . !$   
 $\langle \text{número inteiro} \rangle . \langle \text{inteiro sem sinal} \rangle$

$\langle \text{indicador de expoente} \rangle := E ! @$

$\langle \text{expoente} \rangle := \langle \text{número inteiro} \rangle \quad (\leq 2 \text{ dígitos})$

Os números reais serão representados pela letra *r* seguida de um índice (*r*<sub>1</sub>, *r*<sub>2</sub>, *r*<sub>3</sub>, etc.).

Números reais corretos:

+1.  
 4.4567777  
 +101  
 1.2E-22  
 -123456789012.123456789012E-12

Números reais incorretos:

.1	(deve-se começar por dígito)
E10	(deve-se começar por dígito)
1E100	(expoente com mais que 2 dígitos)
1234567890123.	(mantissa com mais que 12 dígitos)

Símbolo especial:

Existem 4 tipos de símbolos especiais, que são utilizados para finalidades diferentes, ou seja:

<símbolo especial> := <espacejador> ;  
 <continuador de registro lógico> ;  
 <indicador de fim de registro lógico> ;  
 <indicador de comentário>

<espacejador> := Ø (Ø) ! , (,) ,

<continuador de registro lógico> := /

<indicador de fim de registro lógico> := ; ;  
 <fim de registro físico>

<indicador de comentário> := % (fim de registro físico)

O spacejador é utilizado para separação dos elementos sintáticos. Na descrição da sintaxe dos demais comandos ele não será referenciado, ficando portanto implícita a sua utilização. Deve-se notar também que brancos ou vírgulas são equivalentes, sendo equivalentes portanto as seguintes construções:

COORDENADAS CONTORNO  
 COORDENADAS,CONTORNO

Convém lembrar que mais que um spacejador é interpretado como um só, assim também são equivalentes as construções seguintes:

COORDENADAS                      CONTORNO  
 COORDENADAS,,,,,        ,,,, CONTORNO

O símbolo de continuação de registro lógico serve para possibilitar a ampliação do registro lógico além dos limites de um registro físico. O restante do registro físico é ignorado. Desta forma o seguinte comando:

COORDENADAS CONTORNO X 10 Y 20

pode ser escrito em três registros físicos da seguinte maneira:

COORDENADAS CONTORNO / CONTINUANDO O COMANDO

X 10 /

Y 20

ou até em mais registros (no caso o limite seria 6 que corresponde ao número de elementos sintáticos). Não existe limite para o número de continuações, existindo somente uma restrição quanto ao número máximo de elementos sintáticos que que é igual a 100.

O ponto e vírgula é utilizado para terminar um registro lógico. Deve-se notar que a condição de fim de registro físico também indica fim de registro lógico. Assim não é necessário colocar-se ponto e vírgula para terminar o último registro lógico de um registro físico.

Exemplo de utilização:

COORDENADAS CONTORNO ; 1 10. 30; 5 1 45. 6.45

CONETIVIDADE; 1 1 2 3; 3 4 3 2

O indicador de comentário serve para inserir-se comentários nos registros de entrada de dados. O símbolo de porcentagem (%) funciona como um fim de registro físico, assim todos os caracteres restantes são ignorados.

### D.2.3 - Listas de Números

Os nós,-- elementos ou carregamentos são identificados por números--e podem ser referenciados através de listas. A definição de lista de números é dada por:

```

<lista de números> := <intervalo> {<intervalo>} ;
                        TODOS

```

```

<intervalo> := i1 ;
            i1 ATE i2 ;
            i1 ATE i2 PASSO i3 (i1, i2 > 0)

```

Quando não for especificado o valor do passo, este será igual a 1 para  $i2 > i1$  e igual a -1 para  $i1 > i2$ .

Exemplos:

```

1 2 3 4 5 6 7
1 ATE 7
1 ATE 4 5 ATE 7
1 ATE 7 PASSO 1
10, 30, 40, 50
TODOS
1 ATE 20 PASSO 3
20 ATE 1 PASSO -3
10 ATE 20, 40 ATE 21, 1, 2, 3, 4, 9, 8, 7, 6, 5

```

Observe-se que as quatro primeiras listas são equivalentes. A palavra-chave TODOS serve para especificar a lista com todos os números.

Contra-exemplos:

1 2 3 -4	(número deve ser positivo)
TODOS 1 2	(a palavra-chave TODOS deve ser o único elemento de uma lista)
1 ATE 5 ATE 6	(falta o número inicial do segundo intervalo)

### D.3. - Descrição dos Comandos

Descreve-se a seguir os comandos de acordo com a finalidade a que se destinam ou sejam:

- Inicialização
- Sistemas de Unidades
- Sistemas de Coordenadas
- Definição de Constantes
- Definição da Malha de Elementos de Contorno
- Definição das Condições de Contorno
- Especificação das Cargas e Deslocamentos Prescritos
- Análise
- Impressão de Dados e Resultados
- Armazenamento e Recuperação de Resultados
- Finalização

### D.3.1 - Inicialização: Comando TITULO

A inicialização de um problema é feita através do comando TITULO, cuja sintaxe é a seguinte:

```
<comando titulo> := TITULO ;
```

O restante do registro físico que contém o comando é ignorado e os três registros físicos seguintes ao comando devem conter o título do problema.

Exemplo:

```
TITULO
EXEMPLO DO COMANDO TITULO
-----
UNIDADES_KGF CM GRAUS CELSIUS
```

Observe-se que no exemplo acima a especificação de unidades faz parte do título do problema.

### D.3.2 - Sistemas de Unidades

Não existe nenhum comando para especificação de unidades, os dados são processados da maneira como são lidos. Assim deve-se fornecê-los em unidades coerentes. Pode-se utilizar o comando TITULO para especificar as unidades como comentário.



### D.3.3 - Sistemas de Coordenadas

O sistema básico de coordenadas é o sistema ortonormal de eixos cartesianos (ver figura D.1).

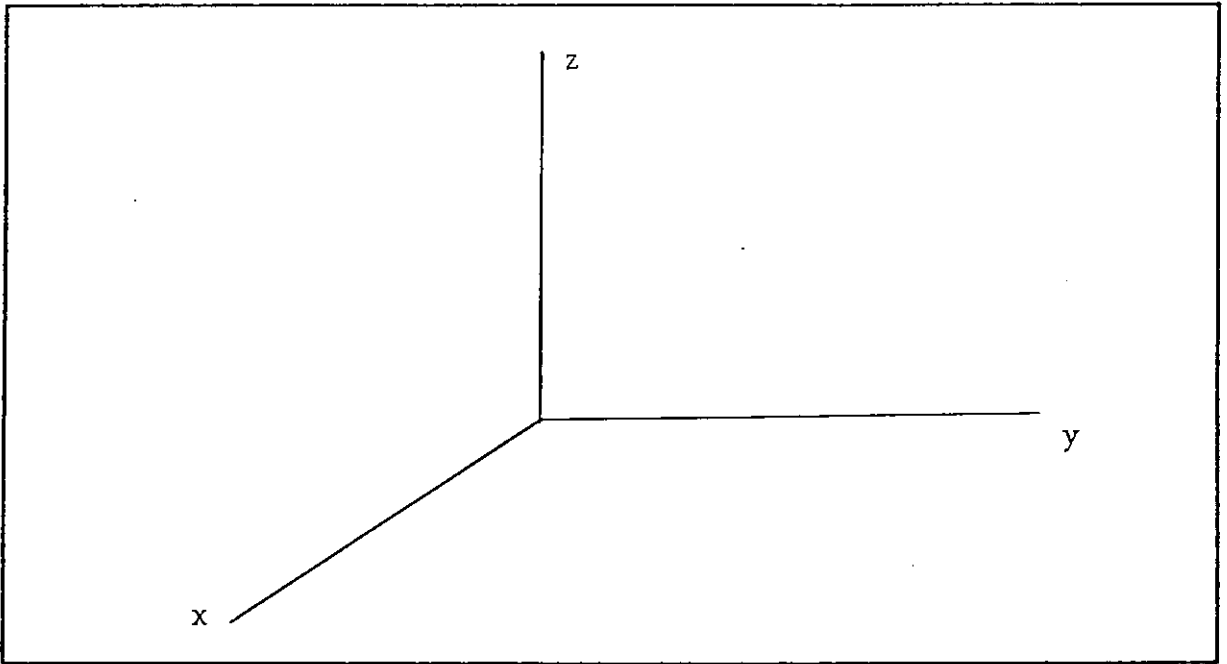


FIGURA D.1 - Sistema Básico de Coordenadas Cartesianas

As coordenadas nodais podem ser fornecidas, através dos comandos COORDENADAS ou COORDENADAS MULTIPLAS, em coordenadas cartesianas, cilíndricas ou esféricas.

As coordenadas cilíndricas são fornecidas através do raio  $r$  (R), do ângulo alfa (A) e da altura  $z$  (Z), conforme fig. D.2.

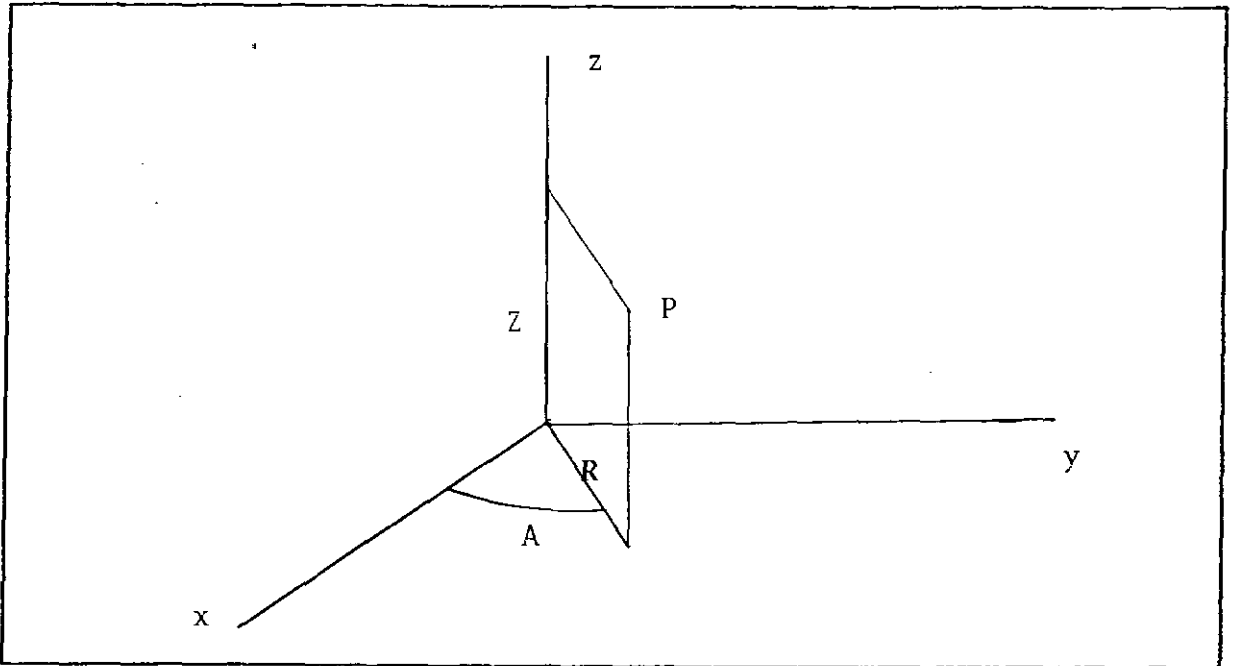


FIGURA D.2 - Sistema de Coordenadas Cilíndricas

As coordenadas esféricas são dadas pelo raio  $r$  ( $R$ ) e pelos ângulos alfa ( $A$ ) e beta ( $B$ ) (ver fig. D.3).

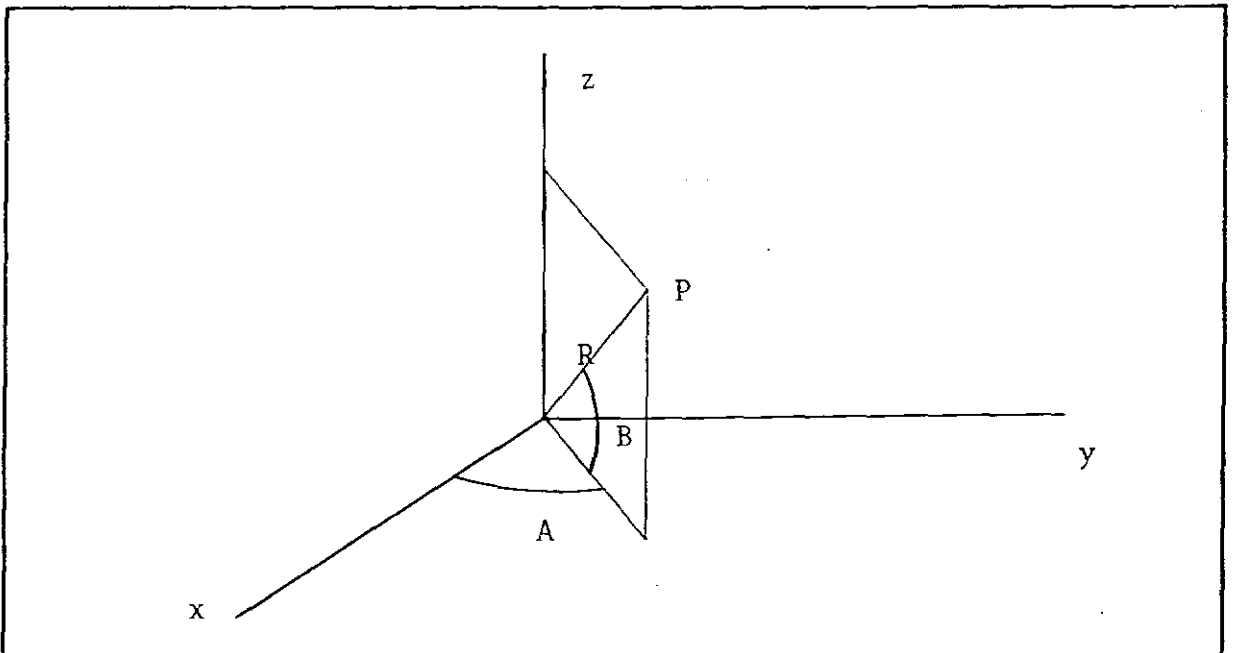


FIGURA D.3 - Sistema de Coordenadas Esféricas

O sistema básico de coordenadas cartesianas também pode ser modificado através de uma translação e/ou uma rotação de eixos como ver-se-a a seguir.

## D.3.3.1 - Translação de Eixos: Comando ORIGEM

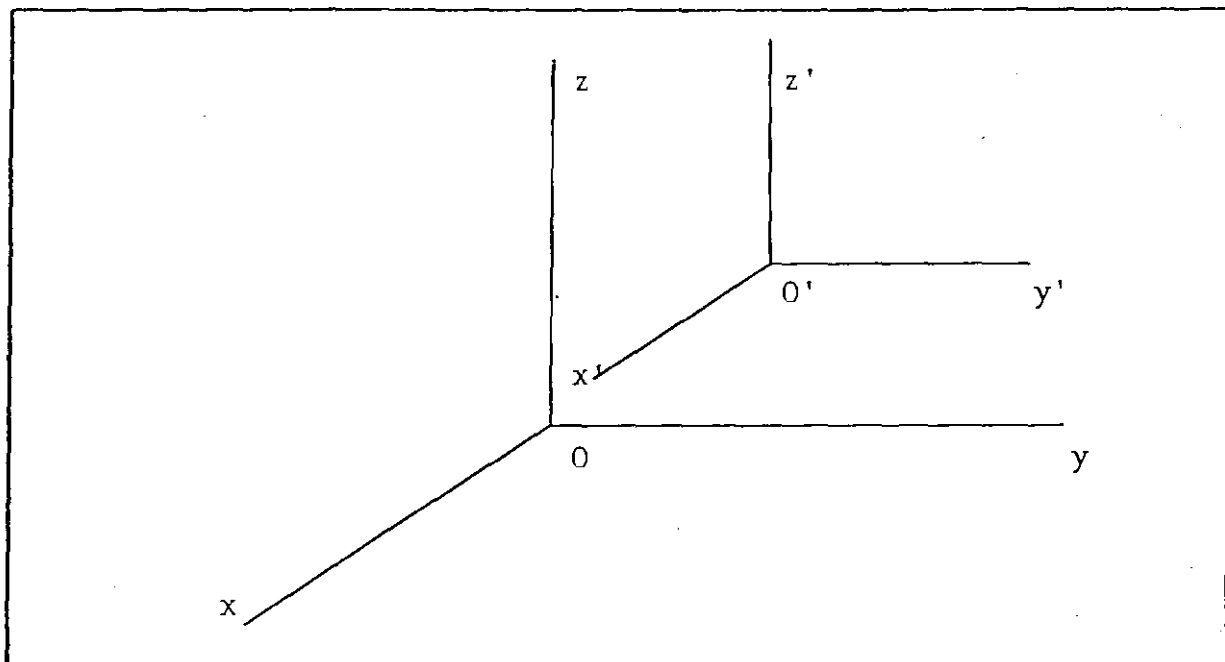


FIGURA D.4 - Translação de Eixos

A translação do sistema básico pode ser obtida especificando-se as coordenadas da nova origem do sistema (ver figura D.4) através do comando ORIGEM, que possui a seguinte sintaxe:

`<comando origem> := ORIGEM (<coordenada cartesiana>) ;`

`<coordenada cartesiana> := X r1 ;`

`Y r2 ;`

`Z r3`

Se não for especificada nenhuma coordenada para a origem, esta volta a ser a origem original ou seja de coordenadas nulas.

Logicamente não pode-se repetir no mesmo comando duas coordenadas iguais.

Exemplos:

ORIGEM

ORIGEM X 10.5 Y 7.8

ORIGEM Z 25.42 X 3.1

ORIGEM Y 100

Contra-exemplos:

ORIGEM 10.5 7.8 (não foram dados os nomes das coordenadas)

ORIGEM X 10 Y 20 X 30 (coordenada repetida)

### D.3.3.2 - Rotação de Eixos: Comando ROTACAO

Obtem-se a rotação do sistema básico por meio do comando ROTACAO especificando-se os ângulos de rotação.

A transformação de coordenadas do novo sistema para o sistema básico é obtida efetuando-se rotações sucessivas em torno dos eixos principais (ver figuras D.5, D.6 e D.7).

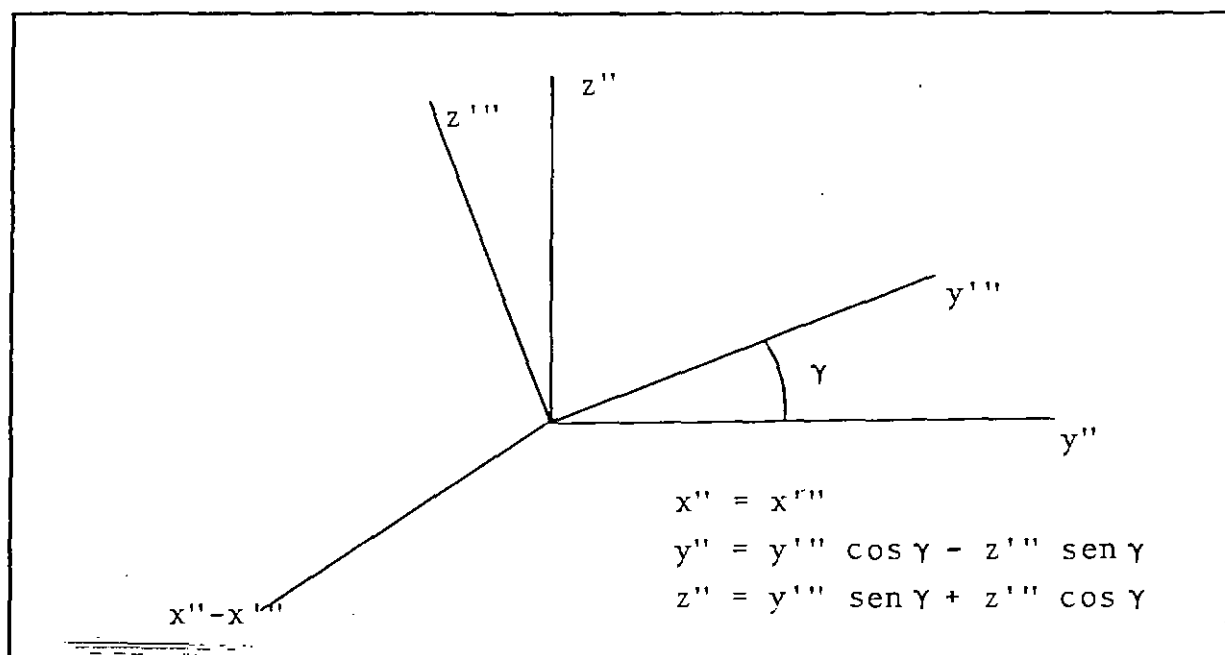
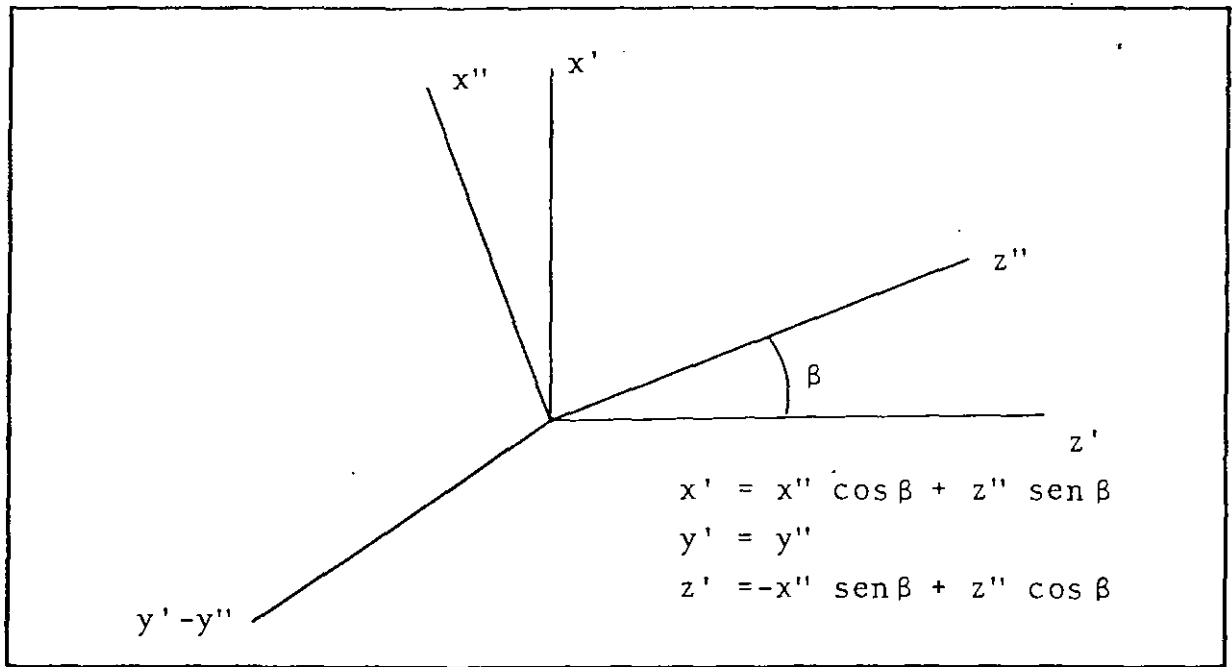
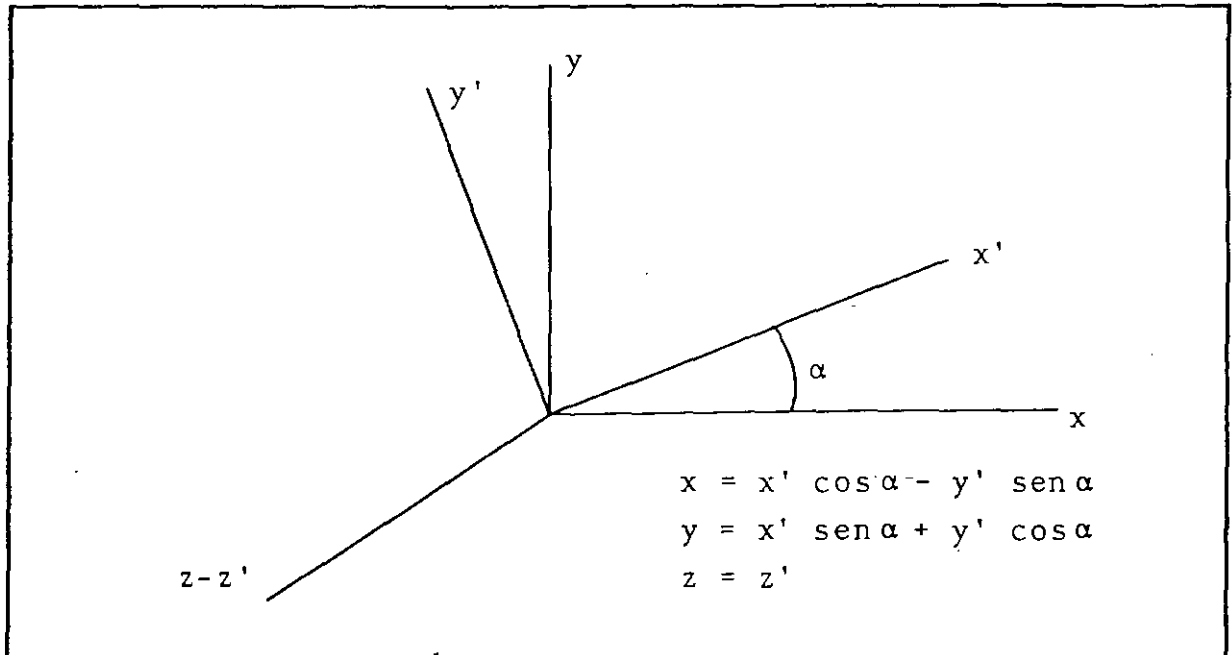


FIGURA D.5 - Rotação em torno do eixo x

FIGURA D.6 - Rotação em torno do eixo  $y$ FIGURA D.7 - Rotação em torno do eixo  $z$

A sintaxe do comando é dada por:

`<comando rotação> := ROTACAO (<ângulo de rotação>) ;`

`<ângulo de rotação> := ALFA r1 ;`

`BETA r2 ;`

`GAMA r3`

Se não for especificado nenhum ângulo de rotação, retorna-se a um sistema de coordenadas paralelo ao sistema básico.

Logicamente não pode-se repetir no mesmo comando dois ângulos iguais.

Exemplos:

`ROTACAO`

`ROTACAO ALFA 10 BETA 30`

`ROTACAO GAMA 45`

`ROTACAO GAMA 50 ALFA 30`

Contra-exemplos:

`ROTACAO 10 30` (não foram dados os nomes dos ângulos)

`ROTACAO ALFA 30 BETA 45 ALFA 50` (ângulo repetido)

#### D.3.4 - Especificação de Constantes: Comando CONSTANTES

O comando CONSTANTES serve para fornecer-se as constantes físicas (módulo de elasticidade (E), coeficiente de Poisson (CP), coeficiente de dilatação linear e o peso específico (PE) do material constituinte e também dados referentes ao esquema de integração a ser adotado (número de pontos de integração no contorno (NPIC) e número de pontos de integração no interior (NPII)).

Sua sintaxe é dada por:

<comando constantes> := CONSTANTES (<constante>)

<constante> := E r1 !  
                   CP r2 !  
                   CDL r3 !  
                   PE r4 !  
                   NPIC i1 i2 !  
                   NPPI i3

Os valores válidos para as constantes são:

- módulo de elasticidade:  
 $r1 > 0$
- coeficiente de Poisson:  
 $0 \leq r2 < 0.5$
- coeficiente de dilatação linear:  
 $r3$  qualquer
- peso específico:  
 $r4 \geq 0$
- número de pontos de integração do contorno:  
 $i1 := 3 \mid 6 \mid 7 \mid 12 \mid 64$   
 $i2 := 0 \mid 3 \mid 6 \mid 7 \mid 12 \mid 64$
- número de pontos de integração do interior:  
 $i3 := 3 \mid 6 \mid 7 \mid 12 \mid 64$

Observe-se que para o número de pontos de integração do contorno existem dois dados: o primeiro (i1) corresponde ao número de pontos de integração para o caso do ponto de aplicação da carga concentrada unitária não pertencer ao elemento no qual está se efetuando a integração; o segundo (i2) corresponde ao caso contrário, isto é ao caso em que o ponto de aplicação da carga concentrada unitária pertence ao elemento no qual efetua-se a integração. O valor nulo de i2 significa integração exata.

Obviamente pode-se fornecer as constantes em qualquer ordem, desde que não haja constantes repetidas.

Exemplos válidos:

CONSTANTES E 2E6 CP 0.3

CONSTANTES PE 0.1

CONSTANTES NPIC 3 12 NP11 12 E 1E6 CP 0.3

Exemplos inválidos:

CONSTANTES 1E10	(falta o nome da constante)
CONSTANTES CP 10	(coeficiente de Poisson inválido)
CONSTANTES E 0	(módulo de elasticidade inválido)
CONSTANTES NPIC 100	(número de pontos de integração inválido)

#### D.3.5 - Definição da Malha de Elementos de Contorno

A malha de elementos de contorno é definida através das coordenadas nodais e da conectividade dos elementos.

Os nós e os elementos são identificados pelos seus números de ordem. O maior número de nó ou elemento corresponde respectivamente ao número de nós ou de elementos. O número de nós será igual ao maior número de nó que aparecer nos comandos COORDENADAS, COORDENADAS MULTIPLAS, CONETIVIDADE ou CONETIVIDADE MULTIPLA. O número de elementos será igual ao maior número de elemento ocorrido nos comandos CONETIVIDADE ou CONETIVIDADE MULTIPLA.

##### D.3.5.1 - Coordenadas Nodais: Comando COORDENADAS



```

<comando coordenadas> := COORDENADAS
    [[<sistema de coordenadas>]] <tipo de coordenadas>
    [<coordenadas constantes>] ;
    [<dados de coordenadas nodais>] ;

<sistema de coordenadas> := CARTESIANAS ;
    CILINDRICAS ;
    ESFERICAS ;

<tipo de coordenadas> := CONTORNO ;
    INTERIOR ;

<coordenadas constantes> := <coordenadas cartesianas> ;
    <coordenadas cilíndricas> ;
    <coordenadas esféricas> ;

<coordenadas cartesianas> := X r1 ;
    Y r2 ;
    Z r3 ;

<coordenadas cilíndricas> := R r4 ;
    A r5 ;
    Z r6 ;

<coordenadas esféricas> := R r7 ;
    A r8 ;
    B r9 ;

<dados de coordenadas nodais> := <comando origem> ;
    <comando rotação> ;
    <coordenadas nodais> ;

<coordenadas nodais> := <número de nb> r10 r11 r12

<número de nb> := i1      (0 < i1 <= 1001)

```

Os valores r10, r11, r12 são as coordenadas nodais (cartesianas, cilíndricas ou esféricas, dependendo da especificação do sistema de coordenadas). Quando não houver

especificação o sistema assumido é o de coordenadas cartesianas. No caso de ser fornecida alguma coordenada constante, a coordenada nodal correspondente deve ser omitida.

Exemplos:

COORDENADAS CARTESIANAS CONTORNO

1 10. 23 65.45; 3 5.13 4; (para o nó 3 z será igual a 0)

COORDENADAS CONTORNO X 10.

6 21 30 (o nó 6 terá coordenadas 10,21,30)

Exemplos inválidos:

COORDENADAS CONTORNO X 10 Y 20; 10 5 6

(faltava apenas a coordenada z e foram  
fornecidos dois valores)

COORDENADAS ; 1 30; (falta especificar o tipo de  
coordenadas (interior ou contorno))

A seguir ilustra-se alguns recursos do comando. Cada um dos comandos abaixo produzem o mesmo efeito:

COORDENADAS CONTORNO; 1 10 20 30; 2 25 30 30; 3 50 20 30

COORDENADAS CONTORNO Z 30; 1 10 20; 2 25 30; 3 50 20

COORDENADAS CARTESIANAS CONTORNO; ORIGEM Z 30;

1 10 20; 2 25 30; 3 50 20;

COORDENADAS CONTORNO: ORIGEM X 10 Y 20 Z 30;

1; 2 15 10; 3 40;

#### D.3.5.2 - Coordenadas Nodais: Comando COORDENADAS MULTIPLAS

Esse comando serve para fornecer-se coordenadas de grupos de nós que pertençam a retas ou a determinadas curvas. Sua sintaxe é definida por:

```

<comando coordenadas múltiplas> := COORDENADAS MULTIPLAS
  [(sistema de coordenadas)] <tipo de coordenadas>
  [(coordenadas constantes)] ;
  [(dados de coordenadas múltiplas nodais)] ;

```

```

<dados de coordenadas múltiplas nodais> :=
  <comando origem> ;
  <comando rotação> ;
  <coordenadas múltiplas nodais>

```

```

<coordenadas múltiplas nodais> :=
  <lista de nbs> r1 r2 r3 : PASSO r4 r5 r6

```

```

<lista de nbs> := <lista de números>

```

Os valores r1, r2 e r3 são as coordenadas do ponto inicial (coordenadas cartesianas, cilíndricas ou esféricas, dependendo da especificação do sistema de coordenadas). Quando não houver especificação o sistema assumido é o de coordenadas cartesianas. Os valores r4, r5 e r6 são os passos que devem ser adicionados às coordenadas do ponto inicial para cada nb. No caso de ser fornecida alguma coordenada constante tanto a coordenada nodal quanto o passo correspondente devem ser omitidos.

Para exemplificar considere-se o caso de um setor circular definido por 14 pontos e 12 elementos conforme mostra a figura D.8. As coordenadas nodais podem ser definidas pela seguinte sequência de comandos:

```

%COORDENADAS DOS PONTOS DO ARCO INTERNO
COORDENADAS MULTIPLAS CILINDRICAS CONTORNO R.10-Z.10
1.ATE 7 : 0 PASSO 15
%COORDENADAS DOS PONTOS DO ARCO EXTERNO
COORDENADAS MULTIPLAS CILINDRICAS CONTORNO R-20-Z-10-
8.ATE 14- : 0 PASSO 15

```

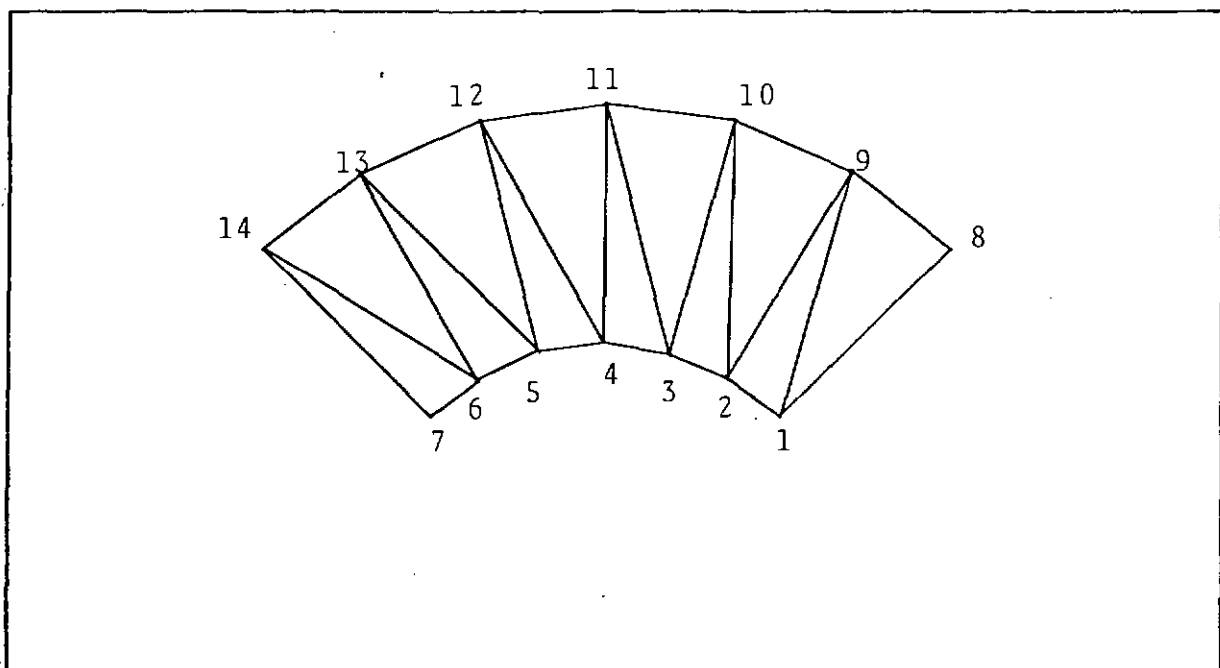


FIGURA D.8 - Setor Circular (14 pontos e 12 elementos)

#### D.3.5.3 - Definição dos Elementos: Comando CONETIVIDADE

```
<comando conetividade> := CONETIVIDADE ;
    (<conetividade de elemento> ;)
```

```
<conetividade de elemento> := <número de elemento>
    <número de nb> <número de nb>
    <número de nb>
```

```
<número de elemento> := i1      (0 < i1 <= 1001)
```

Exemplos:

```
CONETIVIDADE; 1 1 2 3; 2 3 4 5; 3 5 6 7; 4 7 8 9
```

```
CONETIVIDADE
```

```
1 20 30 40
```

```
3 10 20 30
```

Exemplos inválidos:

CONETIVIDADE 1 10 20 30 (falta o ponto e vírgula)  
 CONETIVIDADE;1 1002 3 4 (número de n6 maior que 1001)  
 CONETIVIDADE; 1 1 2; (falta o número do terceiro n6)

#### D.3.5.4 - Definição dos Elementos:

Comando CONETIVIDADE MULTIPLA

<comando conetividade múltipla> := CONETIVIDADE MULTIPLA;  
 ((conetividade múltipla de elemento) ;)

<conetividade múltipla de elemento> :=  
 <lista de elementos> : <número de n6>  
 <número de n6> <número de n6> PASSO i1 (i1 > 0)

<lista de elementos> := <lista de números>

#### Exemplos:

CONETIVIDADE MULTIPLA; 1 ATE 4 : 1 2 3 PASSO 2  
 CONETIVIDADE MULTIPLA; 1 2 3 4 : 10 20 30 PASSO 10

Observe-se que o primeiro exemplo define a conetividade dos mesmos elementos do primeiro exemplo do comando conetividade.

#### Contra-exemplos:

CONETIVIDADE MULTIPLA 1 2 3 ATE 10 : 1 2 3 PASSO 1  
 (falta o ponto e vírgula)

#### D.3.6 - Definição das Condições de Contorno: Comando RESTRICOES NODAIS

O comando RESTRICOES NODAIS define as direções de deslocamentos prescritos, sendo sua sintaxe dada por:

<comando restrições nodais> := RESTRICOES [NODAIS];  
 ((restrições nodais) ;)

$\langle \text{restrições nodais} \rangle := \langle \text{lista de nbs} \rangle :$

$\langle \langle \text{direções restritas} \rangle \rangle$

$\langle \text{direções restritas} \rangle := X : Y : Z \quad (\text{sem repetição})$

A ausência de direções restritas indica que o nb não tem deslocamentos prescritos.

Exemplo:

RESTRICOES NODAIS; 1 2 3 4 ATE 9 : X; 10 2 : Y; 1 : Z

Pelo exemplo anterior observa-se que as direções restritas do nb 1 foram dadas separadamente. Esta característica permite que todas as restrições nodais sejam dadas em apenas três listas de nbs.

Contra-exemplo:

RESTRICOES; 1 2 3 4: X Y X            (direção restrita repetida)

### D.3.7 - Especificação das Cargas e Deslocamentos Prescritos

As cargas e deslocamentos prescritos devem ser dados para cada caso de carregamento. O número e o título do carregamento são dados pelo comando CARREGAMENTO.

#### D.3.7.1 - Comando CARREGAMENTO

Esse comando é utilizado para fornecer-se o número e o título do carregamento atual.

$\langle \text{comando carregamento} \rangle := \text{CARREGAMENTO } i1; \quad (i1 = 1)$

No caso de estar-se fornecendo dados de carregamento, o restante do registro físico é ignorado, sendo que o registro seguinte ao comando deve conter o título do carregamento.

Se o comando for utilizado para impressão de dados, somente o

número do carregamento será lido, passando a ser o carregamento atual. Desta forma os dados e os resultados que dependerem de especificação de cargas serão referentes ao último número de carregamento lido.

Atualmente o programa só funciona para um caso de carregamento, por isso  $i1$  só pode ser igual a 1.

Exemplo:

```
CARREGAMENTO 1
FORÇA UNITARIA NA DIREÇÃO X
```

#### D.3.7.2 - Forças de Superfície

As forças de superfície são variáveis para cada elemento e para cada ponto nodal de um elemento. Os dados a serem fornecidos são as componentes da força de superfície atuante em cada ponto nodal de cada elemento.

##### D.3.7.2.1 - Comando FORÇAS DE SUPERFÍCIE ELEMENTOS

```
<comando forças de superfície nos elementos> :=
  FORÇAS DE SUPERFÍCIE ELEMENTOS ;
  ((dados de forças de superfície nos elementos) ;)
```

```
<dados de forças de superfície nos elementos> :=
  <comando rotação> ;
  <força de superfície nos elementos>
```

```
<força de superfície nos elementos> :=
  <lista de elementos> ;
  <componentes de força de superfície nodal>
  —<componentes de força de superfície nodal>
  —<componentes de força de superfície nodal>
```

```
<componentes de força de superfície nodal> := r1 r2 r3
```

Exemplo:

FORCAS DE SUPERFICIE ELEMENTOS; 1:10 20 30 40 50 60 70 80 90  
2 3 4 ATE 10: 1.2 3.4 2.34 6.54 10.2 -12 -40.5 1 30

#### D.3.7.2.2 - Comando FORCAS DE SUPERFICIE NODAIS

Tem-se por vezes que as forças de superfície são iguais para um grupo de nós, que definem determinados elementos. Assim é vantajoso fornecer-se as forças de superfície para o grupo de nós e daí atribuir os valores nodais para os elementos desejados. As forças nodais são fornecidas pelo comando FORCAS DE SUPERFICIE NODAIS, de sintaxe:

```
<comando forças de superfície nodais> :=  
  FORCAS DE SUPERFICIE NODAIS ;  
  ((dados de forças de superfície nodais) ;)
```

```
<dados de forças de superfície nodais> :=  
  <comando rotação> ;  
  <forças de superfície nodais>
```

```
<forças de superfície nodais> :=  
  <lista de nós> ;  
  <componentes de força de superfície nodal>
```

Para exemplificar o comando, considere-se o caso do Cilindro de 28 nós dado no capítulo V. A pressão interna radial pode ser fornecida através da seguinte sequência de comandos:

```
FORCAS DE SUPERFICIE NODAIS  
ROTACAO;          1 15 : 20; ROTACAO ALFA 15;  2 16 : 20  
ROTACAO ALFA 30;  3 17 : 20; ROTACAO ALFA 45;  4 18 : 20  
ROTACAO ALFA 60;  5 19 : 20; ROTACAO ALFA 75;  6 20 : 20  
ROTACAO ALFA 90;  7 21 : 20;  
ATRIBUIR 37 ATE 48
```

~~Observe-se que o valor da força de superfície na direção do raio foi dado efetuando-se rotações sucessivas em torno do eixo z para que o eixo x coincidisse com a direção do raio.~~



Os valores nodais são atribuídos aos elementos da face interna pelo comando ATRIBUIR, que será visto a seguir.

#### D.3.7.2.3 - Comando ATRIBUIR

<comando atribuir> := ATRIBUIR [<lista de elementos>]

Este comando serve para atribuir valores de forças de superfície nodais a elementos.

Exemplo:

```
ATRIBUIR 1 ATE 30, 45 46 47
```

#### D.3.7.2.4 - Comando SOMAR

<comando SOMAR> := SOMAR [<lista de elementos>]

O comando SOMAR acrescenta os valores nodais de forças de superfície fornecidos pelo comando FORÇAS DE SUPERFÍCIE NODAIS aos valores dos pontos nodais dos elementos da lista.

Exemplo:

```
SOMAR 1 ATE 30, 45 46 47
```

#### D.3.7.3 - Efeito de Temperatura

O efeito de temperatura é considerado através das temperaturas nodais e do gradiente de temperatura nos elementos.

##### D.3.7.3.1 - Comando TEMPERATURA

O comando TEMPERATURA é utilizado para fornecer-se as temperaturas nodais dos pontos do contorno e do interior, sendo sua sintaxe:

<comando temperatura> := TEMPERATURA <tipo de temperatura> ;  
<(<lista de nbs> : <temperatura nodal>) ;>

<tipo de temperatura> := CONTORNO ; INTERIOR

<temperatura nodal> := r1

Exemplos:

TEMPERATURA CONTORNO; 1 ATE 10 : 100; 2 : 300;

#### D.3.7.3.2 - Comando GRADIENTE

Através desse comando são fornecidos os gradientes de temperatura nos elementos. Sua sintaxe é definida por:

<comando gradiente de temperatura> := GRADIENTE [r1] ;  
 ((<lista de elementos> : <gradiente de temperatura> );)

<gradiente de temperatura> := r2

O valor de r1 corresponde a constante  $K_0$  do Laplaciano de temperatura (ver capítulo II). Se for omitido assume-se que tem valor nulo.

Exemplo:

GRADIENTE; 1 2 3 : 100.; 4 ATE 10 : -100

#### D.3.7.4 - Efeito de Peso Próprio: Comando PESO

Os dados referentes ao peso próprio são fornecidos por esse comando de sintaxe:

<comando-peso próprio> := PESO  
 ((<componente do vetor de campo gravitacional>))

<componente do vetor de campo gravitacional> := Xr1;  
 Yr2;  
 Zr3;

Esse comando ainda não está implantado. Um exemplo seria:

PESO X 10. Y 30.

#### D.3.7.5 - Deslocamentos Prescritos

```
<comando deslocamentos prescritos> :=  
    DESLOCAMENTOS PRESCRITOS ;  
    (<deslocamentos prescritos> ;)
```

```
<deslocamentos prescritos> := <lista de nbs> ;  
    <componentes de deslocamentos prescritos>
```

```
<componentes de deslocamentos prescritos> := r1 r2 r3
```

Exemplo:

```
DESLOCAMENTOS PRESCRITOS; 1 3 4 ATE 10 : 0. 1.2 0.
```

#### D.3.8 - Análise: Comando ANALISE

O comando ANALISE inicia o processo de análise de um problema, cujas etapas são:

- 1 - Consistência dos Dados
- 2 - Cálculo de Constantes
- 3 - Montagem do Sistema de Equações
- 4 - Solução do Sistema de Equações
- 5 - Montagem do Vetor de Deslocamentos
- 6 - Montagem do Vetor de Forças de Superfície
- 7 - Cálculo das Tensões no Contorno
- 8 - Cálculo das Incógnitas no Interior

A sintaxe do comando é definida por:

```
<comando análise> := ANALISE ; !  
    ANALISE CONTORNO ; !  
    ANALISE INTERIOR ;
```

Quando nenhum resultado é conhecido previamente, a primeira opção (ANALISE), conduz a execução de todas as oito etapas.

mencionadas.

No caso de serem conhecidos os deslocamentos e as forças de superfície (fornecidos através do comando LER RESULTADOS) a primeira opção (ANALISE) resulta na execução das etapas 1, 2, 7 e 8.

Ainda sendo conhecidos os deslocamentos e as forças de superfície, a segunda opção (ANALISE CONTORNO). corresponde a execução das etapas 1, 2 e 7, sendo que a última opção (ANALISE INTERIOR) executa as etapas 1, 2 e 8.

Após a execução de cada etapa são impressos os tempos de processamento e I/O correspondentes.

#### D.3.9 - Impressão de Dados e Resultados: Comando IMPRIMIR

<comando imprimir> := IMPRIMIR (<item>) ;

<item> :=

DADOS ;

RESULTADOS ;

MATRIZ ;

COORDENADAS <tipo de coordenadas> [<lista de nbs>] ;

CONETIVIDADE [<lista de elementos>] ;

CONSTANTES ;

RESTRICOES [NODAIS] [<lista de nbs>] ;

CARREGAMENTO <número de carregamento> + -----

DESLOCAMENTOS <tipo de deslocamento> [<lista de nbs>] ;

FORCAS DE SUPERFICIE NODAIS [<lista de nbs>] ;

FORCAS DE SUPERFICIE ELEMENTOS [<lista de elementos>] ;

TEMPERATURA [<lista de nbs>] ;

GRADIENTE [<lista de elementos>] ;

PESO ;

TENSOES CONTORNO NODAIS [<lista de nbs>] ;

~~TENSOES CONTORNO ELEMENTOS [<lista de elementos>] ;~~

~~TENSOES INTERIOR [<lista de nbs>]~~

<tipo de deslocamento> := PRESCRITO ; CONTORNO ; INTERIOR

Quando for omitida alguma lista, então assume-se que todos os nós ou elementos devem ser impressos.

A opção IMPRIMIR MATRIZ faz com que a matriz do sistema de equações seja impressa.

O comando IMPRIMIR PESO imprime os dados referentes ao carregamento de peso próprio (não está implantado).

Exemplos:

```

IMPRIMIR DADOS RESULTADOS
IMPRIMIR CARREGAMENTO 1 DADOS
IMPRIMIR MATRIZ
IMPRIMIR DESLOCAMENTOS 1 ATE 100 TENSOES INTERIOR

```

#### D.3.10 - Armazenamento e Recuperação de Resultados

Os resultados podem ser armazenados para utilização posterior e então recuperados. Um situação provável seria o cálculo da solução no contorno e num processamento posterior obter-se-ia a solução para o interior a partir dos resultados já calculados do contorno.

Os arquivos de armazenamento dos resultados têm os seguintes nomes:

```

<diretório>/DESLOCAMENTOS/CONTORNO
<diretório>/DESLOCAMENTOS/INTERIOR
<diretório>/FORCAS/DE/SUPERFICIE/CONTORNO
<diretório>/FORCAS/DE/SUPERFICIE/INTERIOR
<diretório>/TENSOES/INTERIOR
<diretório>/TENSOES/CONTORNO/NODAIS
<diretório>/TENSOES/CONTORNO/ELEMENTOS

```

A construção <diretório> é qualquer nome de diretório válido no B6700.

##### D.3.10.1 - Comando GRAVAR RESULTADOS

Esse comando lê o nome do diretório dos arquivos de armazenamento. Sua sintaxe é definida por:

<comando gravar resultados> := GRAVAR RESULTADOS ;

O registro físico seguinte deve conter o nome do diretório.

Exemplo:

```
GRAVAR RESULTADOS;
CILINDRO/28NOS/PRESSAO/UNIFORME
```

#### D.3.10.2 - Comando LER RESULTADOS

O comando LER RESULTADOS lê o nome do diretório dos arquivos de armazenamento e recupera esses arquivos. Sua sintaxe é dada por:

<comando gravar resultados> := LER RESULTADOS ;

O registro físico seguinte deve conter o nome do diretório.

Exemplo:

```
LER RESULTADOS;
CILINDRO/28NOS/PRESSAO/UNIFORME
```

#### D.3.11 - Finalização: Comando FINAL

Com esse comando encerra-se a execução de um problema. O programa imprime uma estatística dos tempos de processamento, dos registros lidos e dos registros errados. Define-se sua sintaxe por:

<comando de finalização> := FINAL ;

Exemplo:

```
FINAL
```

#### D.4 - Exemplo Ilustrativo

Como exemplo ilustrativo apresenta-se o problema do cilindro com 28 nós submetido a uma pressão interna uniforme radial (ver capítulo V). A malha de elementos de contorno esta representada na figura D.9. A seguir tem-se a listagem completa da execução.

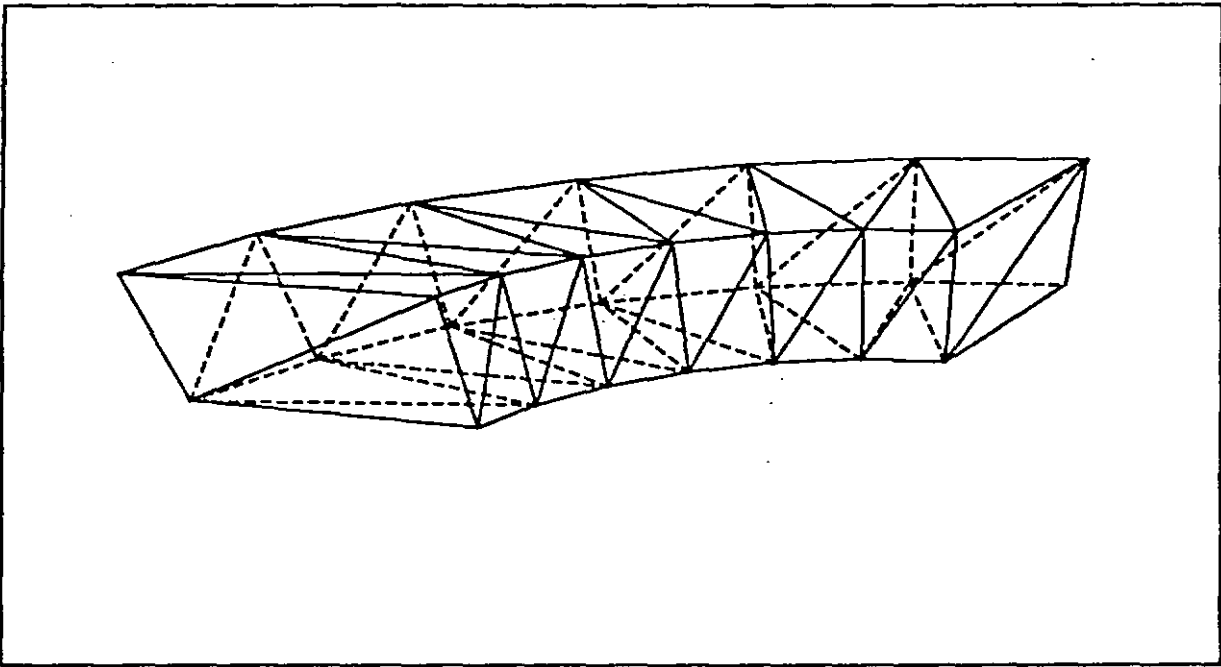


FIGURA D.9 - Cilindro com 28 Nós e 52 Elementos

S.A.L.E.T. - UFPA/COMPTE/CIVIL - 12:52:23 - 00.00.81

PAG.: 3

SISTEMA DE ANALISE LINEAR PARA ELASTICIDADE TRI-DIMENSIONAL  
MÉTODO DOS ELEMENTOS DE CONTORNO

## REGISTROS LIDOS

## TITULO

CILINDRO - 28 NUS - 52 ELEMENTOS

CARGA: PRESSAO INTERNA UNIFORME RADIAL 20 N/MM2

UNIDADES - MILIMETROS - NEWTONS

CONSTANTES E 200000 CP .3

COORDENADAS MULT CILI CONTORNO R 10 Z 10: 1 ATE 7 : 0 PASSO 15

COORDENADAS MULT CILI CONTORNO R 20 Z 10: 8 ATE 14 : 0 PASSO 15

COORDENADAS MULT CILI CONTORNO R 10 Z 0: 15 ATE 21 : 0 PASSO 15

COORDENADAS MULT CILI CONTORNO R 20 Z 0: 22 ATE 28 : 0 PASSO 15

COORDENADAS CILINDRICAS INTERIOR A 45 Z 5

1 10.0000001; 2 12.5; 3 15; 4 17.5; 5 19.9999999

## CONETIVIDADE MULTIPLA

1 ATE 11 PASS 2 : 1 8 9 PASS 1: 2 ATE 12 PASS 2 : 1 9 2 PASS 1

13 ATE 23 PASS 2 : 15 23 22 PASS 1: 14 ATE 24 PASS 2 : 15 16 23 PASS 1

25 ATE 35 PASS 2 : 8 22 23 PASS 1: 26 ATE 36 PASS 2 : 8 23 9 PASS 1

37 ATE 47 PASS 2 : 1 16 15 PASS 1: 38 ATE 48 PASS 2 : 1 2 16 PASS 1

## CONETIVIDADE

49 8 15 22; 50 1 15 8; 51 7 28 21; 52 7 14 25

## RESTRICOES NODAIS

7 14 21 28 : X; 1 8 15 22 : Y; TODOS : Z

## CARREGAMENTO 1

PRESSAO INTERNA RADIAL

## FORÇAS DE SUPERFICIE NODAIS

1 15 : 20; ROTACAO ALFA 15; 2 15 : 20

ROTACAO ALFA 30; 3 17 : 20; ROTACAO ALFA 45; 4 16 : 20

ROTACAO ALFA 60; 5 19 : 20; ROTACAO ALFA 75; 6 20 : 20

ROTACAO ALFA 90; 7 21 : 20

ATRIBUIR 37 ATE 48

## ANALISE

## \*\*\* TEMPOS DE PROCESSADOR

CONSISTENCIA	PROCESS	0.11	I/O	0.00
CALCULO DE CONSTANTES	PROCESS	0.32	I/O	0.00
MONTAGEM DO SISTEMA DE EQUACOES	PROCESS	134.90	I/O	0.00
(28 NUS - 52 ELEMENTOS)				
SOLUCAO DO SISTEMA DE EQUACOES	PROCESS	26.31	I/O	0.00
84 INCOGNITAS:				
48 DESLOCAMENTOS				
36 FORÇAS DE SUPERFICIE				
MONTAGEM DO VETOR DE DESLOCAMENTOS	PROCESS	0.51	I/O	0.65
MONTAGEM DO VETOR DE FORÇAS DE SUP.	PROCESS	0.83	I/O	1.21
CALCULO DAS TENSOES NO CONTORNO	PROCESS	0.66	I/O	2.04
CALCULO DE INCOGNITAS NO INTERIOR	PROCESS	32.54	I/O	1.25
(5 PONTOS)				
TOTAIS	PROCESS	230.83	I/O	5.14

## IMPRIMIR CONSTANTES /

DESLOCAMENTOS CONTORNO /

DESLOCAMENTOS INTERIOR /

FORÇAS DE SUPERFICIE ELEMENTOS 49 ATE 52 /

TENSOES CONTORNO NODAIS /

TENSOES INTERIOR

## FINAL

## \*\*\* FIM DE EXECUCAO

## 36 REGISTROS LIDOS

TEMPO DE ANALISE	PROCESS	230.83	I/O	5.14
TEMPO DE E/S	PROCESS	7.12	I/O	1.90
TOTAIS	PROCESS	237.95	I/O	7.04



S.A.L.E.T. - UFRJ/COPPE/CIVIL - 12:52:23 - 05.06.81 - PAG.: 1

CILINDRO - 28 NÓS - 52 ELEMENTOS  
 CARGA: PRESSÃO INTERNA UNIFORME RADIAL 20 N/MM2  
 UNIDADES - MILÍMETROS - NEWTONS

## CONSTANTES

## CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL:

MÓDULO DE ELASTICIDADE = 2.0000E+09  
 COEFICIENTE DE POISSON = 0.30000  
 PESO ESPECÍFICO = 1.0000  
 COEFICIENTE DE DILATAÇÃO LINEAR = 1.0000

NÚMERO DE PONTOS PARA INTEGRAÇÃO NUMÉRICA  
 PONTO DE APLICAÇÃO DA CARGA UNITÁRIA NO:

CONTORNO = 12  
 CONTORNO PERTENCENDO AO ELEMENTO = 0  
 INTERIOR = 12

S.A.L.E.T. - UFRJ/COPPE/CIVIL - 12:52:23 - 05.06.81 - PAG.: 2

CILINDRO - 28 NÓS - 52 ELEMENTOS  
 CARGA: PRESSÃO INTERNA UNIFORME RADIAL 20 N/MM2  
 UNIDADES - MILÍMETROS - NEWTONS

PRESSÃO INTERNA RADIAL  
 DESLOCAMENTOS - PONTOS DO CONTORNO  
 NO DESLOCAMENTOS

1	UX	.19312E-02	UY	0.	JZ	J.
2	UX	.19019E-02	UY	.44657E-03	JZ	J.
3	UX	.16763E-02	UY	.91876E-03	JZ	J.
4	UX	.13453E-02	UY	.13259E-02	JZ	J.
5	UX	.92768E-03	UY	.16414E-02	JZ	J.
6	UX	.44664E-03	UY	.16560E-02	JZ	J.
7	UX	0.	UY	.18744E-02	JZ	J.
8	UX	.12650E-02	UY	0.	JZ	J.
9	UX	.12331E-02	UY	.33371E-03	JZ	J.
10	UX	.10731E-02	UY	.62802E-03	JZ	J.
11	UX	.86008E-03	UY	.86598E-03	JZ	J.
12	UX	.60387E-03	UY	.10544E-02	JZ	J.
13	UX	.31787E-03	UY	.11872E-02	JZ	J.
14	UX	0.	UY	.12170E-02	JZ	J.
15	UX	.19165E-02	UY	0.	JZ	J.
16	UX	.18992E-02	UY	.46749E-03	JZ	J.
17	UX	.16894E-02	UY	.91218E-03	JZ	J.
18	UX	.13702E-02	UY	.13144E-02	JZ	J.
19	UX	.96379E-03	UY	.16338E-02	JZ	J.
20	UX	.49809E-03	UY	.18464E-02	JZ	J.
21	UX	0.	UY	.19008E-02	JZ	J.
22	UX	.12635E-02	UY	0.	JZ	J.
23	UX	.12345E-02	UY	.32825E-03	JZ	J.
24	UX	.10826E-02	UY	.60706E-03	JZ	J.
25	UX	.87705E-03	UY	.84577E-03	JZ	J.
26	UX	.62946E-03	UY	.10391E-02	JZ	J.
27	UX	.33310E-03	UY	.11836E-02	JZ	J.
28	UX	0.	UY	.11961E-02	JZ	J.

S.A.L.E.T. - UFRJ/COPPE/CIVIL - 12:52:23 - 05.06.81 - PAG.: 3

CILINDRO - 28 NÓS - 52 ELEMENTOS  
 CARGA: PRESSÃO INTERNA UNIFORME RADIAL 20 N/MM2  
 UNIDADES - MILÍMETROS - NEWTONS

PRESSÃO INTERNA RADIAL  
 DESLOCAMENTOS - PONTOS DO INTERIOR  
 NO DESLOCAMENTOS

1	UX	.69335E-03	UY	.66259E-03	JZ	.10457E-04
2	UX	.11379E-02	UY	.10914E-02	JZ	.14386E-04
3	UX	.10278E-02	UY	.98482E-03	JZ	.77364E-05
4	UX	.93192E-03	UY	.87887E-03	JZ	.45781E-05
5	UX	.43715E-03	UY	.42384E-03	JZ	.17763E-05

PAG.: 5

1	1XX -10.670	1XY -2.9598	1XZ -1.9845		
	1YY 26.746	1YZ -1.17856	1ZZ 3.2935		
	11 26.980	11X -0.07833	11Y 0.99690	11Z -0.03686	
	12 3.2958	12X -0.01541	12Y 0.00567	12Z 0.99987	
	13 -10.906	13X 0.59661	13Y 0.97843	13Z 0.01492	
2	1XX -8.0905	1XY -12.015	1XZ -1.75345		
	1YY 26.172	1YZ -2.29073	1ZZ 2.7450		
	11 29.966	11X -0.30104	11Y 0.99361	11Z -0.00141	
	12 2.7935	12X -0.05513	12Y -0.01504	12Z 0.99835	
	13 -11.933	13X 0.95201	13Y 0.30063	13Z 0.05742	
3	1XX 1.1387	1XY -19.947	1XZ -1.54214		
	1YY 19.637	1YZ -2.2724	1ZZ 2.9262		
	11 32.375	11X -0.53825	11Y 0.98427	11Z 0.00212	
	12 2.9511	12X -0.03373	12Y -0.02409	12Z 0.99914	
	13 -11.624	13X 0.84212	13Y 0.53770	13Z 0.04144	
4	1XX 12.357	1XY -21.737	1XZ -1.52540		
	1YY 8.5063	1YZ -4.1609	1ZZ 3.0022		
	11 32.455	11X 0.73733	11Y -0.67545	11Z -0.00364	
	12 3.0517	12X -1.02732	12Y -0.03575	12Z 0.99897	
	13 -11.619	13X 0.67440	13Y 0.73653	13Z 0.04515	
5	1XX 22.959	1XY -18.074	1XZ -1.43194		
	1YY -2.2304	1YZ -4.9715	1ZZ 2.5674		
	11 32.395	11X 0.88651	11Y -0.45263	11Z -0.00520	
	12 2.9946	12X -0.01560	12Y -0.04110	12Z 0.99903	
	13 -11.693	13X 0.46245	13Y 0.35557	13Z 0.04365	
6	1XX 26.075	1XY -3.9030	1XZ -1.26839		
	1YY -9.9087	1YZ -1.62405	1ZZ 2.6293		
	11 30.359	11X 0.97608	11Y -0.21735	11Z -0.00460	
	12 2.6594	12X -0.00343	12Y -0.04577	12Z 0.99894	
	13 -11.923	13X 0.21733	13Y 0.97522	13Z 0.04586	
7	1XX 31.618	1XY -1.2517	1XZ -1.35247		
	1YY -6.2647	1YZ -1.17845	1ZZ 5.4420		
	11 31.864	11X 0.99957	11Y -0.03292	11Z -0.01321	
	12 5.4405	12X 0.01267	12Y -0.01660	12Z 0.99978	
	13 -6.3091	13X 0.03313	13Y 0.99932	13Z 0.01617	
8	1XX -5.7268	1XY -1.95355	1XZ 0.29964		
	1YY 12.144	1YZ -2.23509	1ZZ 2.0624		
	11 12.201	11X -0.05347	11Y 0.99827	11Z -0.02459	
	12 2.0667	12X 0.03512	12Y 0.02549	12Z 0.99903	
	13 -5.7980	13X 0.99775	13Y 0.05255	13Z -0.03648	
9	1XX -2.2915	1XY -4.1126	1XZ 1.5207		
	1YY 15.124	1YZ 0.52553	1ZZ 3.6935		
	11 16.049	11X -0.21702	11Y 0.97592	11Z 0.01473	
	12 4.0430	12X 0.21313	12Y 0.03279	12Z 0.97647	
	13 -3.5660	13X 0.99243	13Y 0.21504	13Z -0.21514	
10	1XX 1.4785	1XY -8.3162	1XZ 1.0205		
	1YY 12.331	1YZ 0.75878	1ZZ 3.2113		
	11 16.837	11X -0.47542	11Y 0.87966	11Z 0.01348	
	12 3.5503	12X 0.17109	12Y 0.07774	12Z 0.98208	
	13 -3.2661	13X 0.86285	13Y 0.46921	13Z -0.18798	

S.A.L.C.T. - UFRJ/COPPE/CIVIL - 12:52:23 - 20.06.81

PAG.: 5

CILINDRO - 20 NDS - 52 ELEMENTOS  
 CARGA: PRESSAO INTERNA UNIFORME RADIAL 20 N/MM2  
 UNIDADES - MILIMETROS - NEWTONS

TENSORES NODAIS MEDIAS - PONTOS DO CONTOURNO

NO	TENSORES / TENSORES PRINCIPAIS / COSENOS DIRETORES									
11	TXX	6.2909	TXY	-9.3232	TXZ	0.82037				
	TTY	7.3821	TYZ	1.0477	TZZ	3.5353				
	T1	16.678	C1X	-0.68641	C1Y	0.72706	C1Z	0.01500		
	T2	3.9992	C2X	0.18240	C2Y	0.12365	C2Z	0.98059		
12	T3	-3.2647	C3X	0.71100	C3Y	0.57535	C3Z	-0.19563		
	TXX	11.270	TXY	-8.8121	TXZ	0.52455				
	TTY	2.3935	TYZ	-1.2136	TZZ	3.3922				
	T1	16.707	C1X	0.85093	C1Y	-0.52503	C1Z	-0.01429		
13	T2	3.6073	C2X	0.11345	C2Y	0.15717	C2Z	0.98103		
	T3	-3.2905	C3X	0.51280	C3Y	0.83641	C3Z	-0.19332		
	TXX	15.174	TXY	-5.3702	TXZ	0.27198				
	TTY	-1.4562	TYZ	1.4235	TZZ	3.4943				
14	T1	16.758	C1X	0.95890	C1Y	-0.28353	C1Z	-0.01083		
	T2	3.7981	C2X	0.06878	C2Y	0.19524	C2Z	0.97834		
	T3	-3.3468	C3X	0.27527	C3Y	0.93388	C3Z	-0.20671		
	TXX	16.482	TXY	-1.5672	TXZ	-0.22671				
15	TTY	-5.6844	TYZ	0.29355	TZZ	1.4950				
	T1	16.597	C1X	0.99739	C1Y	-0.37037	C1Z	-0.01634		
	T2	1.5015	C2X	0.01396	C2Y	0.03668	C2Z	0.99915		
	T3	-5.8051	C3X	0.06971	C3Y	0.99635	C3Z	-0.03752		
16	TXX	-7.2650	TXY	-2.1899	TXZ	0.34005				
	TTY	26.222	TYZ	0.67357	TZZ	4.3415				
	T1	26.384	C1X	-0.06462	C1Y	0.99747	C1Z	0.02948		
	T2	4.3348	C2X	0.03444	C2Y	-0.02730	C2Z	0.99903		
17	T3	-7.4201	C3X	0.99732	C3Y	0.06557	C3Z	-0.03259		
	TXX	-9.5659	TXY	-10.409	TXZ	-0.22130				
	TTY	25.421	TYZ	-1.1053	TZZ	1.4160				
	T1	26.309	C1X	-0.26617	C1Y	0.96393	C1Z	-0.00159		
18	T2	1.4202	C2X	-0.01719	C2Y	-0.00310	C2Z	0.99985		
	T3	-12.458	C3X	0.98377	C3Y	0.25615	C3Z	0.01740		
	TXX	-0.86061	TXY	-18.247	TXZ	0.22396				
	TTY	19.890	TYZ	0.12133	TZZ	2.4403				
19	T1	31.029	C1X	-0.50333	C1Y	0.06039	C1Z	-0.00031		
	T2	2.4448	C2X	0.01503	C2Y	0.00925	C2Z	0.99984		
	T3	-12.004	C3X	0.46075	C3Y	0.50872	C3Z	-0.01764		
	TXX	10.206	TXY	-21.841	TXZ	0.14546				
20	TTY	9.6287	TYZ	0.24378	TZZ	2.5714				
	T1	31.760	C1X	0.71175	C1Y	-0.70243	C1Z	-0.00232		
	T2	2.5754	C2X	-0.01500	C2Y	0.01190	C2Z	0.99982		
	T3	-11.930	C3X	0.70227	C3Y	0.71156	C3Z	-0.01901		
21	TXX	21.035	TXY	-18.850	TXZ	0.48226E-01				
	TTY	-1.1616	TYZ	0.30340	TZZ	2.5689				
	T1	31.797	C1X	0.36792	C1Y	-0.49563	C1Z	-0.00372		
	T2	2.5742	C2X	0.01305	C2Y	0.01531	C2Z	0.99950		
22	T3	-11.960	C3X	0.49853	C3Y	0.86780	C3Z	-0.01977		
	TXX	28.529	TXY	-10.139	TXZ	-0.11489				
	TTY	-9.3556	TYZ	0.22639	TZZ	2.4145				
	T1	31.265	C1X	0.95733	C1Y	-0.25117	C1Z	-0.00583		
23	T2	2.4160	C2X	0.00893	C2Y	0.01123	C2Z	0.99990		
	T3	-12.093	C3X	0.25103	C3Y	0.96758	C3Z	-0.01312		

S.A.L.E.T. - UFRJ/COPPE/CIVIL - 12:52:23 - 05.06.81

PAG.: 7

CILINDRO - 28 NDS - 52 ELEMENTOS  
CARGA: PRESSAO INTERNA UNIFORME RADIAL 20 N/MM2  
UNIDADES - MILIMETROS - NEWTONS

TENSÕES NODAIS MÉDIAS - PONTOS DO CONTOURO

NO TENSÕES / TENSÕES PRINCIPAIS / COEFICIENTES DIRETORES

21	TXX 31.546 TYY -11.606 T1 31.708 T2 3.2760 T3 -11.772	TXY -2.6314 TYZ -2.2965 C1X 0.99815 C2X 0.00712 C3X 0.06075	TXZ -2.25702 TYZ 3.2716 C1Y -0.06058 C2Y -0.02117 C3Y 0.99794		
22	TXX -0.3857 TYY 11.530 T1 11.593 T2 1.8713 T3 -0.4512	TXY -0.90210 TYZ 0.31772 C1X -0.05400 C2X -0.03911 C3X 0.99777	TXZ -0.35908 TYZ 1.8664 C1Y 0.99794 C2Y -0.03675 C3Y 0.05266	C1Z C2Z C3Z	-0.00039 0.99975 0.02070
23	TXX -2.5804 TYY 15.464 T1 16.147 T2 3.9362 T3 -3.5915	TXY -3.5766 TYZ -3.1838 C1X -0.18750 C2X -0.20527 C3X 0.96053	TXZ -1.5021 TYZ 3.6090 C1Y 0.93225 C2Y -0.03671 C3Y 0.18388	C1Z C2Z C3Z	0.03460 0.99856 0.04105
24	TXX 0.76387 TYY 12.347 T1 16.356 T2 3.8854 T3 -3.5701	TXY -7.9057 TYZ -0.64529 C1X -0.45250 C2X -0.16461 C3X 0.87242	TXZ -1.3607 TYZ 3.5602 C1Y 0.89176 C2Y -0.09790 C3Y 0.44179	C1Z C2Z C3Z	0.00385 0.97792 0.20892
25	TXX 5.5170 TYY 7.8555 T1 16.535 T2 3.8468 T3 -3.4903	TXY -9.7790 TYZ -0.95359 C1X -0.66411 C2X -0.15446 C3X 0.75150	TXZ -1.1810 TYZ 3.5193 C1Y 0.74761 C2Y -0.14442 C3Y 0.64624	C1Z C2Z C3Z	0.00552 0.97739 0.21139
26	TXX 10.674 TYY 2.9163 T1 16.746 T2 3.8051 T3 -3.4639	TXY -9.1634 TYZ -1.1760 C1X 0.83384 C2X -0.10353 C3X 0.54122	TXZ -0.87762 TYZ 3.4972 C1Y -0.55197 C2Y -0.17912 C3Y 0.81527	C1Z C2Z C3Z	-0.00624 0.97854 0.20595
27	TXX 14.991 TYY -1.0106 T1 16.977 T2 4.3625 T3 -3.4542	TXY -5.9762 TYZ -1.7266 C1X 0.94909 C2X -0.07272 C3X 0.30643	TXZ -0.62555 TYZ 3.9047 C1Y -0.31497 C2Y -0.23090 C3Y 0.92059	C1Z C2Z C3Z	-0.00382 0.97325 0.24206
28	TXX 16.260 TYY -5.3324 T1 16.374 T2 1.8287 T3 -5.4521	TXY -1.5459 TYZ -2.7919 C1X 0.99733 C2X -0.01884 C3X 0.07061	TXZ 0.21812 TYZ 1.8231 C1Y -0.07124 C2Y -0.03489 C3Y 0.99685	C1Z C2Z C3Z	0.01632 0.99921 0.03614

S.A.L.E.T. - UFRJ/COPPE/CIVIL - 12:52:23 - 05.06.81

PAG.: 8

CILINDRO - 28 NDS - 52 ELEMENTOS  
CARGA: PRESSAO INTERNA UNIFORME RADIAL 20 N/MM2  
UNIDADES - MILIMETROS - NEWTONS

TENSÕES NODAIS - PONTOS DO INTERIOR

NO TENSÕES / TENSÕES PRINCIPAIS / COEFICIENTES DIRETORES

1	TXX 298.17 TYY 269.65 T1 324.14 T2 264.09 T3 119.05	TXY -29.522 TYZ 6.3218 C1X 0.75494 C2X 0.65505 C3X 0.033093	TXZ -6.4658 TYZ 120.85 C1Y -0.65430 C2Y 0.75556 C3Y -0.03178	C1Z C2Z C3Z	-0.04419 0.00376 0.99902
2	TXX 10.575 TYY 10.355 T1 25.451 T2 1.1784 T3 -4.5199	TXY -14.993 TYZ -0.59033 C1X 0.70897 C2X -0.04139 C3X 0.70930	TXZ 0.33253 TYZ 1.1899 C1Y -0.70473 C2Y -0.00410 C3Y 0.70946	C1Z C2Z C3Z	0.02684 0.99911 0.03243
3	TXX 7.2584 TYY 7.2896 T1 18.910 T2 2.8684 T3 -4.5671	TXY -11.635 TYZ -0.5046E-01 C1X -0.70667 C2X -0.01325 C3X 0.70742	TXZ -2.21518 TYZ 2.8644 C1Y 0.70751 C2Y -0.02349 C3Y 0.70632	C1Z C2Z C3Z	0.00725 0.99964 0.02598
4	TXX 4.4905 TYY 4.7261 T1 16.028 T2 4.6942 T3 -6.1617	TXY -10.765 TYZ 1.7293 C1X -0.66423 C2X 0.15536 C3X 0.71247	TXZ -2.0093 TYZ 5.3439 C1Y 0.68654 C2Y -0.18409 C3Y 0.70144	C1Z C2Z C3Z	0.24014 0.97055 0.01950
5	TXX -75.897 TYY -74.554 T1 -56.604 T2 -68.445 T3 -85.951	TXY -10.703 TYZ -3.9479 C1X 0.99739 C2X -0.55465 C3X 0.72995	TXZ 3.9070 TYZ -60.623 C1Y -0.41932 C2Y 0.97753 C3Y 0.68346	C1Z C2Z C3Z	0.81526 0.57906 -0.00607